

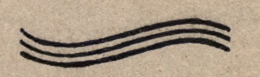
М.А. ЗГУТ

НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ ПО РАДИОТЕХНИКЕ

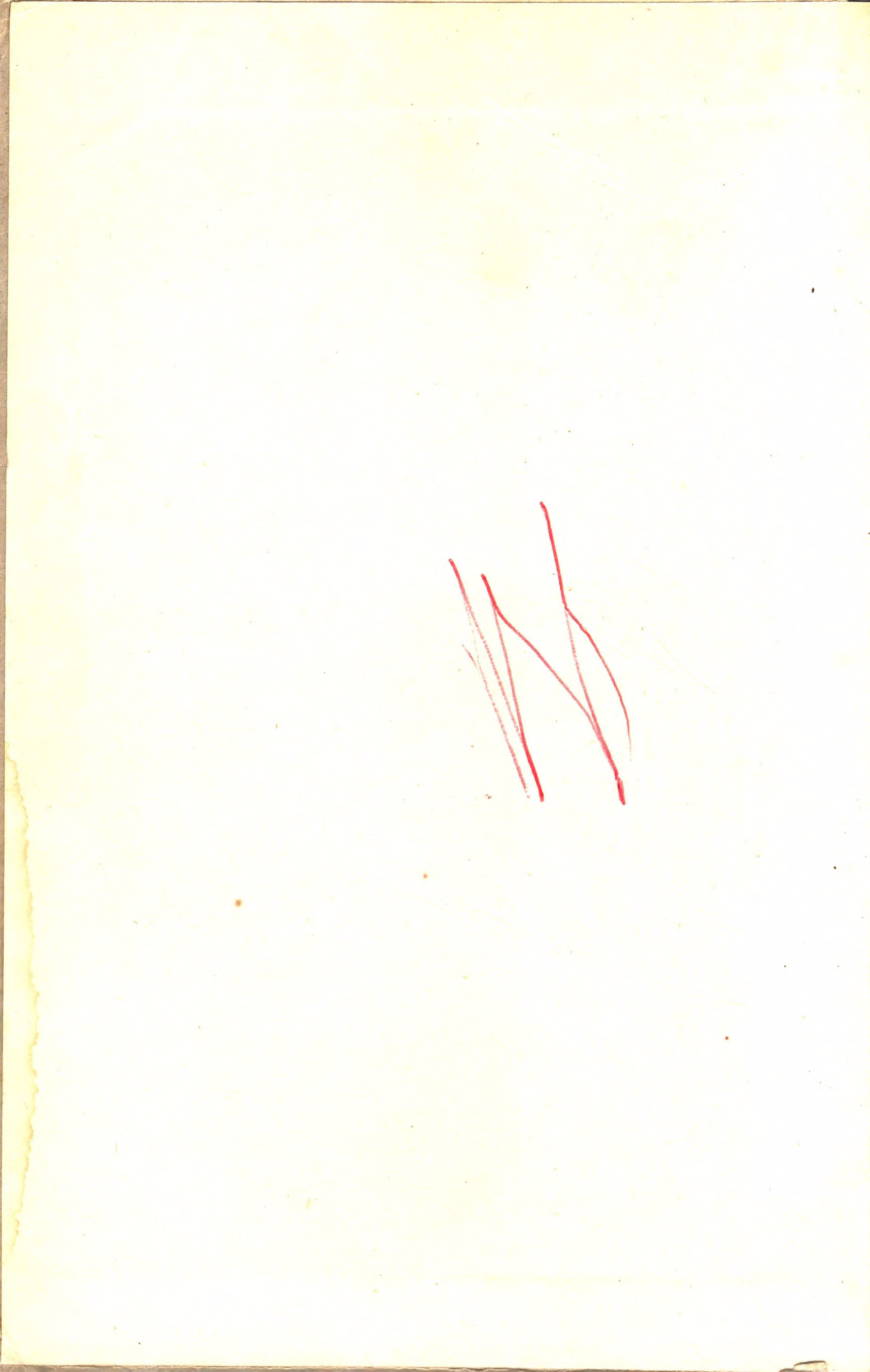


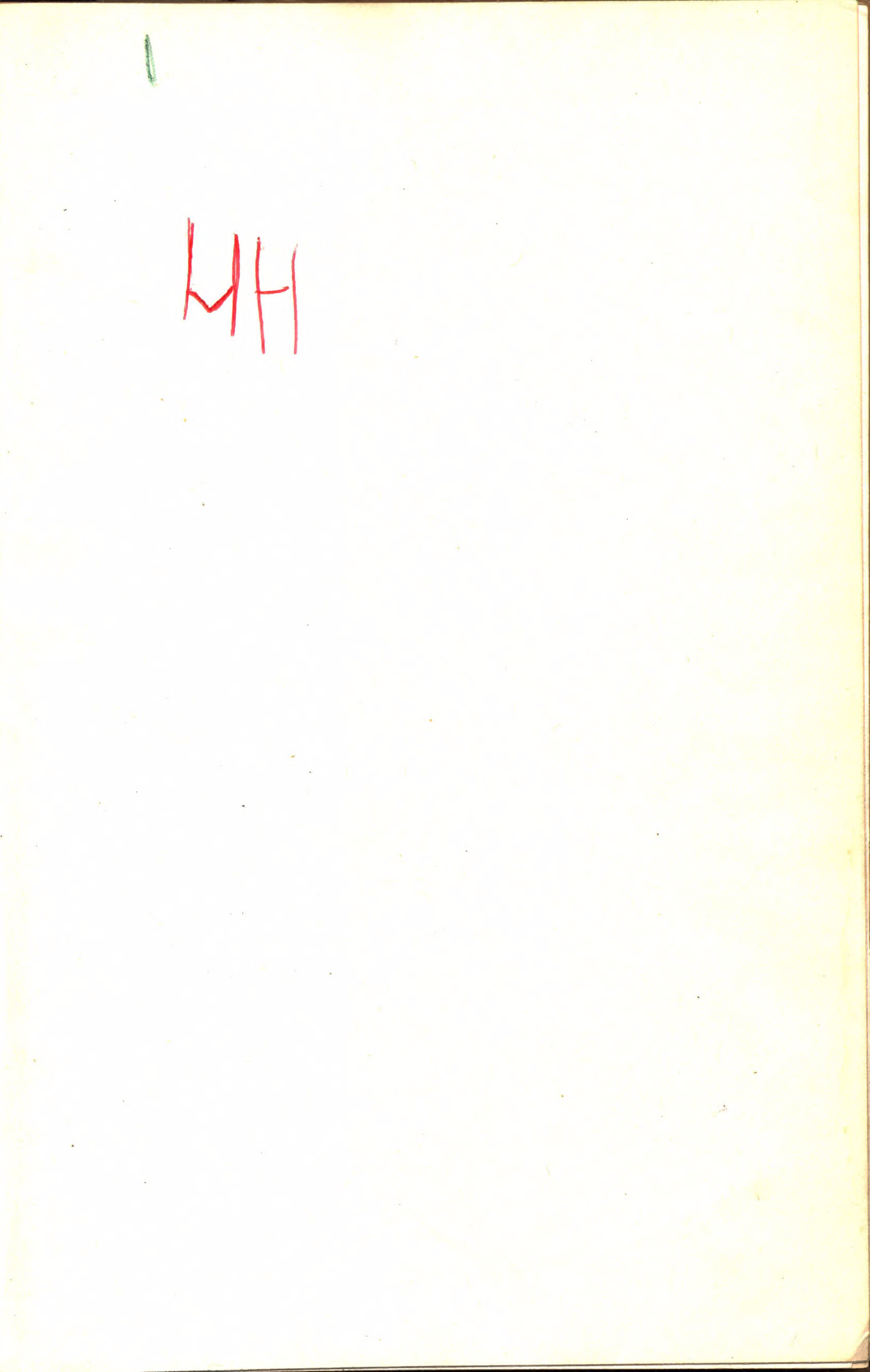
М. А. Згут

НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ ПО РАДИОТЕХНИКЕ



СВЯЗЬИЗДАТ · 1958




MH

М. А. ЗГУТ

НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ ПО РАДИОТЕХНИКЕ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ
ПО ВОПРОСАМ СВЯЗИ И РАДИО
МОСКВА 1958

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основным назначением данной книги является систематическое изложение методов обеспечения наглядности при преподавании радиотехнических дисциплин. Упорядочение такого материала, проведённое, насколько известно автору, впервые, должно способствовать более сознательному применению, более целеустремлённой разработке средств наглядности в учебных заведениях.

Многие положения пришлось формулировать впервые, и вполне вероятно, что в результате обсуждения книги будут высказаны более правильные и точные взгляды. Значительные затруднения возникли при разработке терминологии, которая, возможно, не везде оказалась удачной. Автор будет благодарен за все критические замечания, которые будут высказаны по этой работе.

Книга ориентирована в основном на преподавателей средних специальных учебных заведений, так как именно они заняты подготовкой наибольшего количества специалистов и в этих учебных заведениях острее всего стоят вопросы обеспечения наглядности обучения.

Книга много выиграла в результате добросовестного редактирования её Б. А. Васильевым, а также благодаря ценным советам А. М. Халфина, внимательно прочитавшего главу, посвящённую использованию электронно-лучевых трубок. Этим лицам автор выражает большую благодарность.

Отзывы о книге и замечания по ней следует направлять в Связьиздат (Москва-центр, Чистопрудный бульвар, 2).

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Применительно к физике академик С. И. Вавилов писал: «С полным основанием можно говорить о специфическом «физическом мышлении», которое характеризуется умением отвлекаться в явлениях от случайных деталей, находить общее, основное и подходить к нему с количественной мерой. В этом отношении конкретное содержание физики даёт богатейший материал. «Физическое мышление» вовсе не есть само собой разумеющийся приём, к нему надо привыкать, оно достигается длительным упражнением и обучением, и одна из главнейших задач преподавания физики в любой высшей школе состоит, прежде всего, в воспитании у студентов этого физического мышления, которое понадобится им во всей их дальнейшей практической работе» [Л10].

Вполне естественно, что и радиотехника характеризуется особыми, отличными от других отраслей знания, приёмами рассуждений. Ясно, что лица, впервые знакомящиеся с радиотехникой, не владеют такими приёмами рассуждений. Они испытывают значительные затруднения и вынуждены затрачивать много усилий на усвоение казалось бы простых представлений и понятий.

Испытанным и надёжным методическим приёмом, облегчающим усвоение учебного материала, является увеличение наглядности обучения. Наглядность достигается применением плакатов, макетов, учебных установок и других пособий, служащих для пояснения отдельных вопросов теоретического курса. Различные аудиторные и лабораторные демонстрации в конечном итоге экономят лекционное время, так как способствуют быстрому усвоению и прочному запоминанию излагаемого материала , а главное ставят обучение на прочную основу опыта, объективных, даваемых в ощущении фактов. Особенно полезно применять наглядные пособия в тех случаях, когда приходится оперировать абстрактными понятиями, которые выходят за пределы наших чувственных восприятий. Примером таких абстрактных понятий может служить силовое поле магнитного или электрического потенциала. Понятие это широко используется в радиотехнике. Не менее велика роль наглядных пособий при изложении вопросов, усвоение которых нуждается в пространственных представлениях, например,

функциональной зависимости тока от времени и одновременно пространства. В последнем случае пространственная диаграмма даёт возможность учащимся без особого напряжения охватить сразу целый комплекс явлений.

Величайшие русские учёные, занимавшиеся преподавательской деятельностью, придавали огромное значение наглядному методу обучения.

Известно, например, каким талантливым лектором был Александр Степанович Попов. Академик М. А. Шателен пишет о нём: «Он придавал особое значение лекционным демонстрациям. Он сам проектировал эти демонстрации, сам придумывал способы их осуществления и часто сам, вместе с ассистентами, часами готовил демонстрации в аудитории перед лекциями. Демонстрации выходили блестящими, и многие из них осваивались затем кафедрами физики других высших школ. Некоторые лекционные опыты, как например, опыт для демонстрации медленности нарастания тока в цепях с большой самоиндукцией (закон Гельмгольца), становились классическими и известными под названием «опытов Попова» [Л69].

Наиболее плодотворный период развития радиотехники в России как в области разработки теории и роста промышленности, так и в области создания учебных заведений относится к годам советской власти.

Известно, что в Нижегородской радиолаборатории был разработан метод демонстрации характеристик ламп на осциллоскопе. М. А. Бонч-Бруевич, положивший много труда на создание различных курсов по радиотехнике, принимавший непосредственное участие в организации высших радиотехнических учебных заведений, применил прекрасную модель, поясняющую процесс распространения энергии в длинной линии. Работы другого крупнейшего учёного, М. С. Неймана, выполненные несколько позже, позволили осуществлять демонстрации на моделях антенн, замечательные по своей наглядности. Огромный вклад в этой области сделан многочисленными профессорами и преподавателями высших и средних учебных заведений Советского Союза. В настоящее время коллективы радиотехнических кафедр наших учебных заведений продолжают много и плодотворно работать над проведением принципа наглядности в обучении.

Эти вопросы постоянно находятся в центре внимания широкой педагогической общественности, обсуждаются в периодической литературе, например, журналах «Вестник высшей школы», «Физика в школе», «Среднее специальное образование», «Военный связист», «Радио» и других, а также в методических советах и совещаниях всех учебных технических заведений.

Богатый фонд наглядных пособий, разработанных и выпускаемых для отечественных учебных заведений, не удовлетворяет требованиям преподавания радиотехнических дисциплин. Это происходит потому, что радиотехника охватывает определённый и при-

том специфичный круг вопросов, который необычайно быстро расширяется. Это требует разработки и изготовления пособий со скоростью, которую ещё не может обеспечить промышленность. По этим причинам учебным заведениям приходится решать вопросы наглядности преподавания во многих курсах своими силами.

Нужно, к сожалению, признать, что наглядности преподавания не всегда ещё уделяют должное внимание. Это, в частности, отмечено в постановлении третьего пленума научно-методического совета при Министерстве высшего образования. В этом постановлении отмечается, что «в ряде высших учебных заведений недооценивают значение наглядности преподавания, в особенности лекционных демонстраций, не принимается необходимых мер к улучшению оборудования лекционных аудиторий, обеспечению их необходимыми наглядными пособиями, а также к использованию учебного кино» [Л48].

Недостаточное использование наглядных методов обучения обычно вызывается тем, что преподаватели, которым приходится заниматься методической обработкой читаемых курсов, имеют техническое, а не педагогическое образование. Они не умеют разрабатывать и изготовлять наглядные пособия. Они не знакомы с основами методики преподавания и ограничиваются заимствованием опыта других учебных заведений подчас иного профиля. Особенно сильно такие недостатки проявляются во вновь организованных средних технических заведениях, которые во многих случаях комплектуются малоопытными преподавателями. Очень часто такие преподаватели постигают давно уже известные методические истины по собственной догадке и ценой большого труда. Другой причиной недостатка учебного оборудования является то, что в учебных заведениях не выделяют средства на постройку дорогостоящих уникальных установок, на приобретение материалов, приборов, на создание необходимой технологической базы.

Вопрос повышения наглядности приобретает особую остроту в связи с неуклонным ростом требований к подготовке специалистов. С увеличением числа учебных дисциплин возникает необходимость в сокращении времени, расходуемого на изложение отдельных вопросов курса. Характерно также, что на радиолюбительских выставках, безусловно отражающих насущные потребности широких масс радиотехников, всё чаще среди экспонатов встречаются учебные наглядные пособия — как простейшие плакаты, так и сложные демонстрационные установки.

Наглядные пособия по радиотехнике могут применяться и при изучении нерадиотехнических дисциплин. В этом отношении интересен опыт кафедры математики Ленинградского электротехнического института связи им. М. А. Бонч-Бруевича. Здесь студентам при изложении гармонического анализа (ряды Фурье) на осциллоскопе демонстрируют различные периодические кривые.

Путём отфильтрования отдельных гармоник показывают влияние различных членов ряда на форму кривой. Такая методика сокращает время, требующееся на изложение этого раздела, и улучшает усвоение материала.

Методика обучения специалиста любой области знаний должна строиться таким образом, чтобы разрешить две задачи:

1) дать определённый круг знаний, общих законов и понятий, специфичных для данного предмета,

2) развить у будущего специалиста определённый тип мышления, свойственного данной области знаний.

В ряде молодых отраслей знаний, и в частности радиотехнике, подготовка специалистов идёт ещё недостаточно продуктивно, так как почти совсем не разработана методика развития специфических качеств, необходимых радиотехникам. Преподаватели специальных учебных заведений работают в основном интуитивно, очень медленно накапливая приёмы изложения и отбирая необходимый материал для каждого курса или предмета. Естественно желать, чтобы преподавание строилось правильно и целеустремлённо, а это невозможно, если не отдавать ясного отчёта, в чём состоят особенности представлений и обобщений, подлежащих сформированию, какие логические навыки нужно развить и как это наиболее экономно осуществить.

Рассмотрим этот вопрос подробнее. Известно, что каждая область знаний, каждая наука оперирует определённым и чётко ограниченным кругом представлений, понятий.

Дети, мышление которых ещё не развилось, оперируют только простыми и конкретными понятиями. Лишь позже, в результате соответствующего развития, им становятся доступны более обобщённые и абстрактные понятия.

Когда человек начинает изучать какую-либо новую отрасль, то ему приходится сначала накапливать конкретные представления, а уже от них переходить к общим понятиям. Понятие отличается от представления своим более обобщённым и отвлечённым, не наглядным характером. Представление — образ предмета, понятие — мысль о предмете. К общим понятиям относятся, например, в математике интеграл, дифференциал, степень числа и т. п., в естествознании — организм, жизнь, ассимиляция и другие.

К примеру, рассматривая одну конкретную катушку индуктивности, мы на основании ощущений получаем конкретное представление о ней, о её размерах, весе, цвете, конфигурации, способе намотки и закрепления провода и т. п. В результате же ознакомления с большим числом катушек формируется обобщённый образ или просто представление, что катушка — это нечто, содержащее свёрнутый в спираль проводник любого цвета, размеров, способа намотки. Наконец, образуется понятие, тоже обобщённый образ, но полученный в результате выделения самого общего, самого существенного, самого характерного в явлении или предмете. В данном случае понятием будет «катушка индуктивности»

как устройство, имеющее вполне определённый характер комплексного сопротивления, безотносительно конструкции, формы витков, наличия и материала сердечника и т. п.

Наглядность обучения способствует формированию не только представлений, но и понятий. Однако не всё, о чем мы мыслим, может быть представлено в виде наглядных образов. Яркую иллюстрацию этого положения приводит В. И. Ленин: нельзя представить себе движение со скоростью света, а мыслить такое движение можно.

Невозможно представить себе тысячеугольник. В лучшем случае возникает образ какого-то многоугольника с неопределённо большим числом сторон, образ, который одинаково подойдёт и для пятисотугольника и для стоугольника. Однако мы имеем совершенно чёткое и определённое понятие о такой фигуре, которое вовсе не смешивается с понятиями о многоугольнике с другим числом сторон, например, равным 999. Можно совершенно точно решать ряд задач, например, вычислить сумму внутренних углов, длину стороны такого тысячеугольника.

Мыслить о чём-нибудь и представлять себе что-нибудь — это не одно и то же.

Понятие выражается словом. Однако при современном развитии техники знак, чертёж, условное обозначение на схеме и даже целый участок схемы равнозначны понятию.

Какую же роль играют в технике условные обозначения, символы и схемы?

Полагают, что знаки условных обозначений в сознании человека соответствуют представлениям или образам. Например, одно условное обозначение вызывает образ катушки, другое — конденсатора. При современном состоянии знаний, в частности техники и черчения, можно говорить уже о возникновении особого языка, который оперирует не словами, а образами и, более того, сложными техническими понятиями. Такими сложными понятиями можно считать схематическое изображение ступени усиления низкой частоты, делителя напряжения и т. п. Наиболее абстрактными понятиями можно считать изображения блоков в блок-схемах. Всё конкретное, связанное с конструкцией, техническим осуществлением, в них исключено.

Согласно учению И. П. Павлова, человеческий мозг отражает мир по-разному.

Первый, наиболее простой, уровень отражения — это отражение непосредственно действующих чувственных раздражителей, таких, как цвет, форма, звук, запах и т. д.

Второй уровень отражения — это отражение опосредствованных (действующих через ряд промежуточных звеньев) сигналов или символов предметов внешнего мира, т. е. реакция на речь.

Возникновение речи способствовало развитию духовного мира человека, поэтому современная наука придаёт огромное значение речи, понятиям.

В радиотехнике используют ряд обобщённых представлений, хотя и специальных, но не отличающихся от обычных логических. Таковыми, например, являются понятия «эмиссия», «добротность», «коэффициент нелинейных искажений» и «искажения» и много других. Кроме этого имеются специфические для радиотехники обобщённые понятия, вызванные широким распространением различных электрических схем. Наиболее характерным для этих схем является применение условных обозначений, которые получили исключительно большое распространение и такой же международный характер, как музыкальная грамота, математическая и химическая символика.

Схематические знаки равнозначны словам. Поскольку всякое обучение включает в себя процесс овладения системой понятий данной науки, то очень важно, чтобы преподаватели радиотехнических дисциплин сознательно прививали учащимся навыки чтения и запоминания схем. Эти навыки предполагают не просто понимание смысла условных обозначений, но, что особенно важно и трудно, выработку у учащихся определённого способа рассуждений, типа мышления, мышления схемами.

По мере развития человеческого мышления дифференцируются его формы, которые, конечно, выступают не в изолированном виде, а в диалектическом единстве и взаимосвязи. Всё же соответственно различным видам научного познания действительности можно говорить о том или ином преобладающем способе мышления. Так, например, можно говорить о преимущественно дедуктивном (от общего к частному) мышлении математиков, преимущественно индуктивном (от частного к общему) мышлении некоторых специалистов естественных наук. В медицине, например, получил распространение термин «клиническое мышление», выше говорилось о «физическом мышлении», особенностью литературы является образное мышление.

Особенностью технических наук является прежде всего насыщенность всего процесса рассуждений зрительными образами, в связи с чем в процессе обучения первостепенную роль приобретают зрительные восприятия.

Насыщенность технического мышления зрительными образами неоднократно находила своё подтверждение в произведениях художественной литературы. Вот, например, цитаты из романа А. Бека «Жизнь Бережкова» (Роман-газета № 12, 1956).

«— Надо вам сказать, — говорил он, — что я никогда не начинаю чертить, пока не увижу вещь. Создавая любую конструкцию, я закрываю глаза, ясно вижу перед собой чертёж и только тогда беру карандаш или рейсфедер. Когда я употребляю выражение «вижу вещь», это значит, что я вижу чертёж. У нас, профессионалов-конструкторов, — объяснял мне Бережков, — чертёж отождествлён с предметом.

— Если его спрашивают: — Посмотрите, правильно ли сделана эта деталь, — он отвечает: — Дайте чертёж». (Стр. 2.)

И далее: «— Я понимаю, как много значит для конструктора самый процесс рассказывания и спора. Ваша идея, которую вы представляете себе графически или предметно, как-то особенно ярко воплощается в словах и тем самым производится проверка всех пробелов и неясностей». (Стр. 77).

Действительно, творческая работа конструктора-механика даёт особенно много подтверждений тому, что процесс мышления идёт часто в зрительных представлениях. Как правило, он начинает обдумывать новую конструкцию, представив себе зрительно, или вернее сказать умозрительно, некоторую исходную деталь или механизм, часто в форме плоского чертежа в эпюрах. Также умозрительно он проверяет её соответствие конечной цели, например, поворачивает на ней шестерни, прикладывает её к другой детали. Если что-либо «не получается», конструктор начинает изменять, опять же в уме, конфигурацию отдельных частей конструкции, будто они стали пластичными, как глина. Этот процесс продолжается, пока не удастся достигнуть нужного результата или придётся признать невозможным решить задачу, следуя по такому пути. В последнем случае работа начинается сначала, но уже с другим вариантом. Случается, что весь зрительный образ оказывается трудно держать в уме. Тогда начинают чертить (говорят «чиркать») на бумаге, выполняя не всегда осмысленный на посторонний взгляд чертёж. Важно отметить, что вся эта работа не сопровождается слуховыми представлениями слов. Такое мышление зрительными образами характерно для всех специалистов, занимающихся конструированием механизмов, сооружений и т. п., и воспитывается оно упражнениями в стереометрии и особенно начертательной геометрии.

В черчении, например, широко пользуются определённым классом учебных задач на отыскание третьей проекции по двум заданным. При решении таких задач приходится умозрительно перебирать, так сказать, «примерять» детали разной конфигурации, которые давали бы две заданные проекции; если такую деталь представить удалось, то по этому представлению уже можно вычертить искомую проекцию.

Каждый грамотный рабочий-станочник умеет «читать чертежи», т. е. рассматривая чертёж, представить себе умозрительно начерченную деталь или сооружение.

Работа специалистов-радиотехников неизбежно связана с элементами конструирования механических деталей и поэтому нужно привить им навыки мышления зрительными образами такого типа. Однако помимо этого нужно развивать их способность оперировать в уме специально радиотехническими чертежами, особенностью которых является чрезвычайно абстрактный, схематический характер, почему эти чертежи получили название схем.

Когда специалист-радиотехник придумывает, модернизирует или ремонтирует какое-либо радиотехническое устройство, он неизбежно начинает свою работу с электрической схемы и дальше

в ходе работы, непрерывно обращается к этой схеме либо непосредственно, либо умозрительно. Часто можно наблюдать, как техник или инженер прерывает работу с прибором и начинает на бумаге чертить и переделывать принципиальную схему объекта своей работы.

Перед началом работы с новым прибором принято сначала внимательно изучить его схему, которую по возможности стараются запомнить.

Почти ни одно обсуждение или спор у радиотехников не обходятся без разъяснений на схеме. В области схем, как и в устном языке, символы, графические изображения могут иметь характер не только конкретных, но и абстрактных понятий. Например, схема лампового генератора пилообразного напряжения, если она не снабжена данными о величине деталей и типе ламп, если даже на ней не закончены некоторые цепи, всё же может дать общее представление о процессе, характере и последовательности работы, несмотря на полную неопределённость величин токов и напряжений, а также конструктивного выполнения.

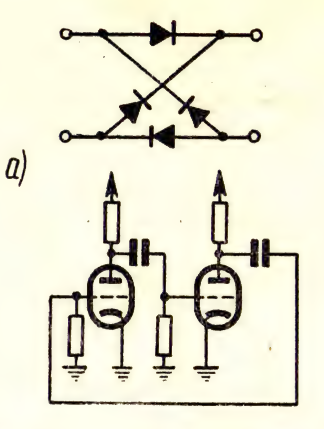
Если в области развития пространственного мышления уже разработан ряд педагогических приёмов, то формирование способности мыслить схемами до сих пор проходит вне сознательного влияния преподавателей. Конечно, в ходе учёбы по мере изложения различных учебных курсов учащиеся привыкают «думать схемами», как конструктор «думает объёмами». Но происходит это автоматически, излишне медленно, так как это качество возникает непроизвольно, а не воспитывается сознательно наиболее целеустремлённым и рациональным путём.

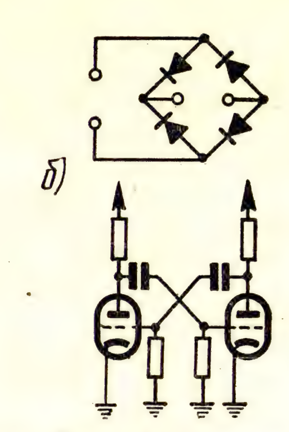
Общеизвестно, что радиолюбители в радиотехнических учебных заведениях по специальным дисциплинам дают успеваемость, как правило, более высокую, чем нерадиолюбители. Нет сомнений, что факультативное упражнение в чтении схем немало способствует этой успеваемости. Ведь прежде, чем построить свою любительскую конструкцию, радиолюбители долго перебирают различные схемы и часто только изучают, а не осуществляют их.

Разработка специальной методики обучения мышлению схемами позволит заметно сократить время учёбы специалистов радио и электротехнического профиля и уж во всяком случае повысит качество их подготовки. Аналогичный вид явлений происходит при изучении иностранного языка. Если его учить только путём общения с людьми, говорящими на этом языке, то процесс обучения длится годами. Под руководством же опытного преподавателя, использующего весь арсенал методических приёмов и в первую очередь грамматику, языком можно овладеть в один-два года.

Принципиальные и блок-схемы читают таким же образом, как буквенный текст или музыкальную партитуру. Рациональное вычерчивание принципиальных схем играет такую же роль в их удо-

Рис. 1.
Схемы моста и мультивибратора:
а) непривычные начертания,
б) привычные начертания





бочитаемости, как правила грамматики, литературный стиль и рисунок литер в удобочитаемости буквенного текста.

Все хорошо знакомы с особенностями восприятия печатного текста грамотным человеком. Такой человек читает слова «целиком», охватывая их полностью или по слогам одним взглядом и поэтому часто не замечает опечаток и перестановок букв в «знакомых» словах. Всякое же «незнакомое» слово он читает медленно, по слогам, спотыкаясь и возвращаясь к началу. Точно так же опытный специалист читает схему определёнными, иногда крупными участками. В качестве иллюстрации справедливости этого на рис. 1*а* показаны «незнакомые» для бывалого радиотехника изображения моста и мультивибратора, а на рис. 1*б* — привычные начертания, по которым он сразу может судить о принципе работы и назначении этих участков схемы.

Следовательно, с методической точки зрения совсем не безразлично, как вычерчена схема и в каком виде она закрепилась в памяти, а при обдумывании схемы — с какого начертания начинается работа в уме. Между тем очень часто в учебных заведениях преподают по так называемым «заводским» схемам, вычерченным как попало и без соблюдения элементарных методических правил. Даже квалифицированный радиотехник читает такую схему, спотыкаясь, долго разбирается в её сути, пока по элементам, так сказать, по складам, не разберёт, что данный участок ему давно знаком, но в гораздо более простом и рациональном начертании. Такую работу не всегда удаётся сделать в уме и порой схему приходится разбирать с карандашом и бумагой в руке, перечерчивая её, пока она не приобретёт привычного начертания. Разбирать такую схему равноценно чтению текста, набранного не по строчкам, а по спирали или другой более запутанной кривой.

Вопросы схемной графики представляют в деле подготовки радиоспециалистов первостепенную важность, хотя до сих пор ещё можно встретиться с несознательным отношением и пренебрежением к ней со стороны большой массы специалистов и, что особенно печально, преподавателей.

ГЛАВА I
ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

§ 1. ИНСТРУМЕНТ ЧЕРТЁЖНИКА

Достижения передовиков производства показывают, что производительность труда и качество продукции в сильной степени зависят от организации рабочего места и рационализации рабочего процесса. В области графических работ эти вопросы также имеют большое значение. Чем больше объём чертёжных работ, тем естественно, больше нужно заботиться о правильном оборудовании рабочего места и рационализации труда.

Для чертёжных работ, кроме обычной Т-образной рейсшины (рис. 2*а*), можно использовать рейсшину на нитях (рис. 2*б*) или специальную чертёжную машину-кульман (рис. 2*в*). Для построения перспективных изображений иногда используют У-образную рейсшину (рис. 2*г*), которая позволяет проводить линии, выходящие из общего центра, расположенного далеко за пределами доски. Как можно видеть, на доске укреплена на струбцине пластина с двумя шпильками, по которым скользят планки рейсшины, установленные под соответствующим углом. На рис. 2*д* показана кинематическая схема этих чертёжных приборов. Очень удобна для работы малая рейсшина на каточках (рис. 2*е*). Строго поступательный характер её перемещения по доске обеспечивается наличием жёстко связанных между собой общей осью рифлённых каточков. Такую рейсшину удобно применять не только для выполнения построений, но и для штриховки с помощью косых линий, нанесённых на корпус из прозрачного органического стекла. Совмещая одну из таких линий с осью, можно получить необходимую установку рейсшины для штриховки.

При выполнении чертежей по радиотехнике используют обычный чертёжный инструмент, пополненный небольшим количеством специальных деталей. Если чертежи предназначены для большой аудитории, то приходится использовать специализированный плакатный инструмент. Полное описание чертёжного инструмента можно найти в любом курсе машиностроительного черчения. Однако следует отметить ряд частных вопросов, изложение которых обычно не приводится.

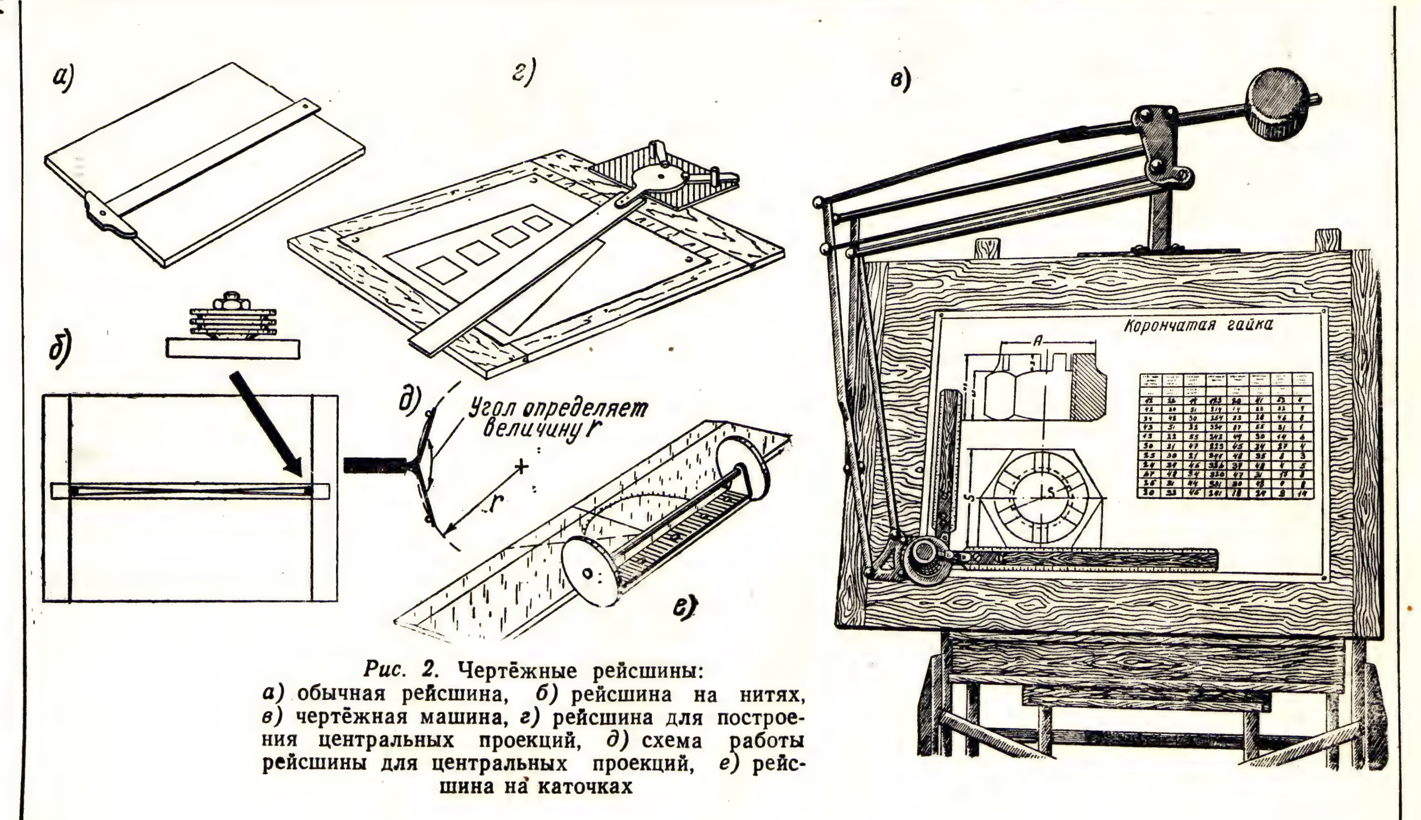
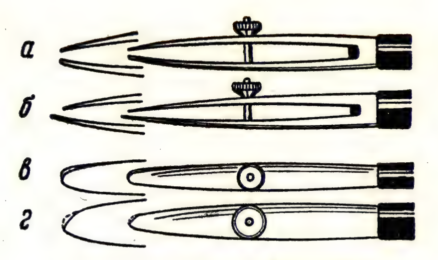
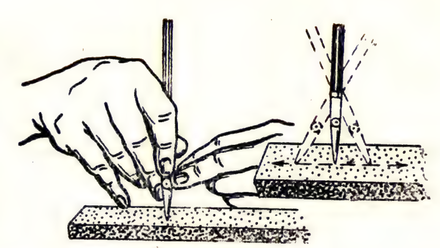


Рис. 2. Чертёжные рейсшины:
а) обычная рейсшина, *б)* рейсшина на нитях, *в)* чертёжная машина, *г)* рейсшина для построения центральных проекций, *д)* схема работы рейсшины для центральных проекций, *е)* рейсшина на каточках

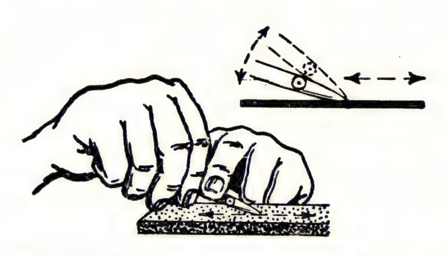




Неисправности рейсфедеров:
а) створки неравной толщины,
б) створки неравной длины,
в) перекос створок,
г) износ створок



Уравнивание длины створок. Створки сведены вплотную. После заточки концы створок должны иметь овальную форму и равную длину



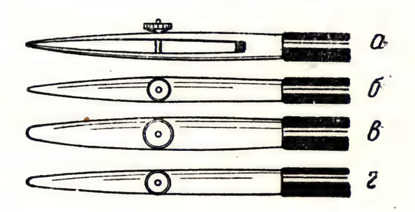
Выравнивание боков створок. При заточке бруска касаться одновременно обеими створками и добиваться осевой симметрии



Стачивание створок по плоскости. При заточке добиваться плавного, закруглённого перехода от утолщённой части створки к концу



Предыдущий приём. Важно движение рейсфедера вдоль бруска производить одновременно с поворотом



Правильная заточка рейсфедеров:
а) вид сбоку для всех типов,
б) рейсфедер для тонких линий,
в) рейсфедер для толстых линий,
г) универсальный рейсфедер

Рис. 3. **Приёмы заточки рейсфедера**

Рейсфедеры при длительном пользовании тупятся и подлежат заточке. Её производят на мелкозернистом абразивном бруске, применяемом при точке бритв. Брусок для заточки должен быть смочен машинным маслом. После заточки рейсфедер следует про-

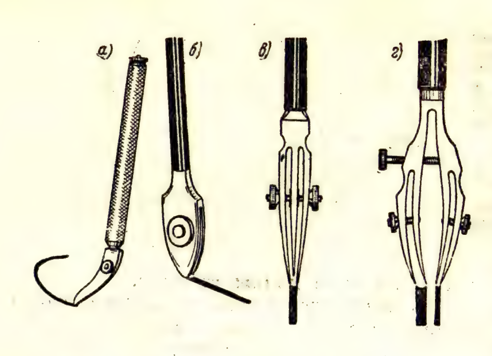


Рис. 4. Специальные рейсфедеры:
а) рейсфедер-кривоножка, *б)* и *в)* рейсфедеры для толстых линий, *г)* рейсфедер для проведения двойных линий

мыть водой с мылом и обтереть насухо. Последовательность и приёмы заточки показаны на рис. 3. Рейсфедер для обводки кривых линий изогнут (так называемая кривоножка) и свободно вращается в полой ручке (рис. 4*а*). За счёт такого устройства при работе с лекалом отпадает необходимость поворачивать или изгибать руку. Рейсфедер для толстых линий отличается большой шириной лопастей, способствующей удержанию большего количества туши. Иногда с той же целью между лопастями помещают тонкую металлическую пластинку, в результате чего широкий капилляр оказывается разбитым на два узких (рис. 4*б* и *в*). Часто находит применение рейсфедер, изображённый на рис. 4*г*.

В ряде случаев вместо рейсфедера применяют различного рода перья. Ими пользуются для исполнения надписей и обводки толстых линий, а также при работе с трафаретами и шаблонами, в процессе обводки ряда условных обозначений на схемах. На рис. 5 приведены различные типы перьев фабричного и самодельного изготовления.

Для исполнения шрифтов и некоторых условных обозначений при разметке их карандашом, а также для обводки тушью рационально употреблять шаблоны (трафареты). При работе тушью необходимые контуры обводятся через отверстия шаблона трубчатым пером. В тех случаях, когда шаблон предназначается для

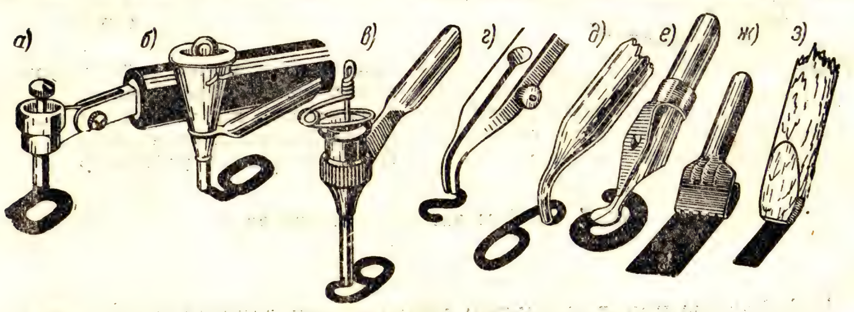


Рис. 5. Трубчатые и плакатные перья:
а) и *б)* перья фабричного производства, *в)* самодельное трубчатое перо из медицинской иголки, *г)* перо с регулируемой толщиной линии, *д)* стеклянное трубчатое перо, *е)* плакатное перо рижского завода, *ж)* плакатное перо фабрики «Союз», *з)* деревянное плакатное перо

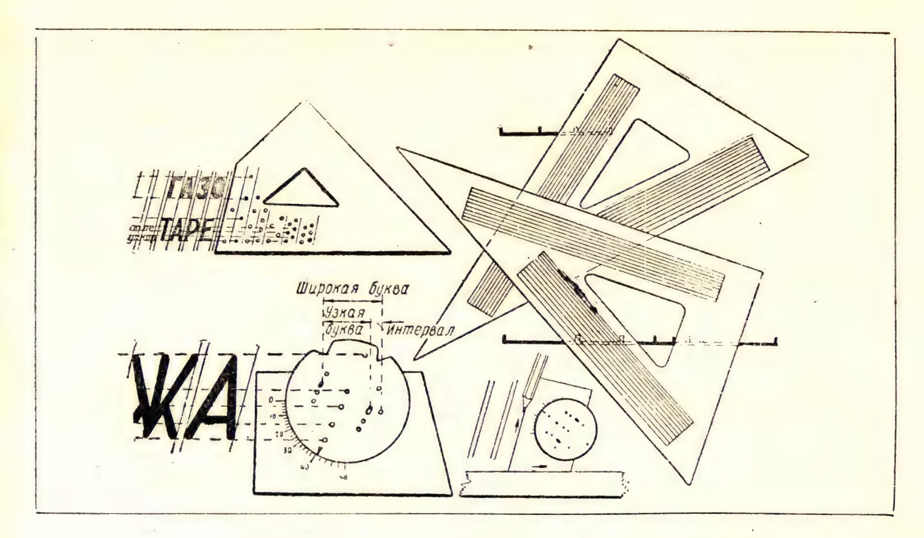


Рис. 6. Целлулоидные угольники и универсальный шаблон для разметки шрифтов

одного-двух чертежей, его вырезают из плотной бумаги или папочного картона, а при большом объёме работ — из целлулоида или миллиметрового органического стекла. При этом, во избежание подтекания туши под шаблон, его снабжают планочками или выступами (например, ввинчивая болтики с полукруглой головкой), которыми он опирается на бумагу.

Угольники лучше применять прозрачные, целлулоидные: они не деформируются от времени и не закрывают чертежа. Прорезая в таких угольниках различные отверстия, их можно одновременно использовать в качестве шаблонов. Для разметки шрифтов на большом угольнике иногда делают дополнительную грань, которая служит для нанесения наклона линий сетки, а также ряд отверстий для прочерчивания линий строк. Для этой же цели служит универсальный шаблон, изображённый на рис. 6. Полезно проделать в угольниках ряд прорезей, через которые можно стирать резинкой только одну из многих линий чертежа.

§ 2. ПРИЁМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЁЖНЫХ РАБОТ

После того, как лист закреплён, нужно произвести его разметку. Правильно выполнить её можно только имея большой опыт. У неопытных чертёжников чертёж оказывается не в центре листа, а при изготовлении схем правая часть оказывается более плотной по сравнению с левой (схема, как логарифмическая шкала «сбегается» к концу). Особенно сложно разметить чертёж, сос-

тоящий из нескольких отдельных и независимых частей. Здесь возникает задача не только правильно выбрать их расположение, но также верно установить масштаб. Короче говоря, при разметке возникает проблема композиции изображения. При её решении существенную роль играют эстетические соображения, которые ещё мало разработаны в приложении к техническим чертежам. Между тем правильное и сознательное решение вопросов эстетики способствует доходчивости чертежа и усвояемости материала.

Рекомендуется перед началом разметки на миллиметровой или клетчатой бумаге от руки набросать черновик, а затем разметку этого черновика с соответствующим увеличением перенести на лист. Это нужно делать, начиная с главных осей, располагая их относительно рамки так же, как и на черновике. Следует попутно заметить, что надписи, пояснительные тексты, спецификации и т. п. подлежат такой же композиционной подготовке, как и сам чертёж. Необходимые тексты на чертеже изображают в виде заштрихованных прямоугольников, площадь которых выбирают в соответствии с величиной текста и размера букв.

Работа над черновиком является весьма важной и ответственной и требует относительно большой затраты труда, особенно если чертёж является схемой. Приёмы работы над черновиком разобраны подробно в §§ 4 и 5 этой главы.

Как указывалось выше, разметку листа нужно начинать с главных осей, а уже к этим осям «привязывать» все детали чертежа. В принципиальных схемах одной из таких главных осей является ось условных обозначений ламп, в конструктивных чертежах — геометрические оси наиболее крупных деталей.

Для вычерчивания однотипных деталей нужно максимально использовать шаблоны, которые, помимо ускорения работы, обеспечивают необходимое однообразие условных обозначений.

Работать карандашом следует без нажима, используя для толстых линий более мягкие сорта карандашей. При разметке лучше всего пользоваться остро заточенным жёстким карандашом 2Т или 3Т. Линии при этом получаются тонкими, удобными для точных построений. Чтобы впоследствии не потерять центры дуг и окружностей, их нужно обводить кружком или помечать крестиком. Если дуг много и можно перепутать центры, следует последние соединить с соответствующими дугами стрелочкой. Места сопряжений надлежит помечать штрихом, чтобы при обводке тушью не допустить ошибок (рис. 7). Все лишние, ошибочно проведённые, линии следует стирать только в случае крайней необходимости; лучше их перечеркнуть, так как резинка взлохмачивает бумагу и этим затрудняет обводку тушью. Поэтому следует придерживать-



Рис. 7. Разметка дуг и сопряжений

ся правила: резинку использовать только один раз, когда обведённый чертёж очищается от остатков карандашных линий. Во избежание большого количества ошибок, в тех случая когда при разметке возникает сомнение в какой-либо детали, нужно прервать разметку листа, проработать сомнительную деталь на черновике, а потом уже наносить на чистый чертёж. Только при соблюдении всех этих предосторожностей можно рассчитывать на получение чистого и опрятного листа. В тех случаях, когда необходимо получить особо аккуратный чертёж, его исполняют в карандаше, а затем копируют на другой лист тушью, пользуясь для этого копировальным столом (рис. 8*а)* или куском стекла, уложенным на стопки книг и освещённым снизу лампочкой (рис. 8*б, в)*. Пользуясь копировальным столом, удобно монтировать на один лист несколько разрозненных черновиков, перерисовывать фотографии в штриховые рисунки и т. п.

На копировальном столе лист обычно закрепляется посредством тяжёлых чугунных или свинцовых «чушек», накладываемых на его углы и края; рекомендуется также посредством канцелярских скрепок или платяных кнопок соединить лист, на который переносят изображение, с оригиналом; тогда листы можно перемещать, не опасаясь, что они сдвинутся один относительно другого.

При изготовлении плакатов бывает необходимо перенести на большой лист небольшой чертёж или рисунок, взятый из книги или подготовленный в порядке работы над черновиком. Можно для этой цели использовать эпидиаскоп (рис. 8*г)*, в который вставляют увеличиваемый чертёж или рисунок и проектируют изображение на лист чистой бумаги. Обведя контуры изображения карандашом, получают увеличенное изображение.

После того, как чертёж изготовлен в карандаше, следует разметить буквы надписей. Кроме мелких, все надписи нужно размещать, строго сообразуясь с ранее намеченным черновиком. Разметку каждой надписи, как правило, начинают от середины (средней оси надписи). Особенно важно придерживаться этого правила, если текст располагается в несколько строк. Для получения симметрии текста относительно средней оси надписи его пишут на черновике и по буквам (считая также и интервалы между словами, причём интервалы между буквами можно принимать одинаковыми, а буквы считать равной ширины), вычисляют середину каждой строки, а затем на чертеже строят буквы влево и вправо от центральной оси. Разметку контуров букв производят при помощи шаблонов или по сетке, наносимой на лист в соответствии с размером и рисунком выбранного шрифта (рис. 9).

Необходимо подчеркнуть, что тщательность и аккуратность исполнения рисунка шрифта играют исключительно важную роль в общем впечатлении от чертежа. Даже плохой чертёж, снабжённый хорошими надписями, значительно выигрывает во внешнем виде. К сожалению, качеству исполнения надписей часто не уделяют должного внимания.

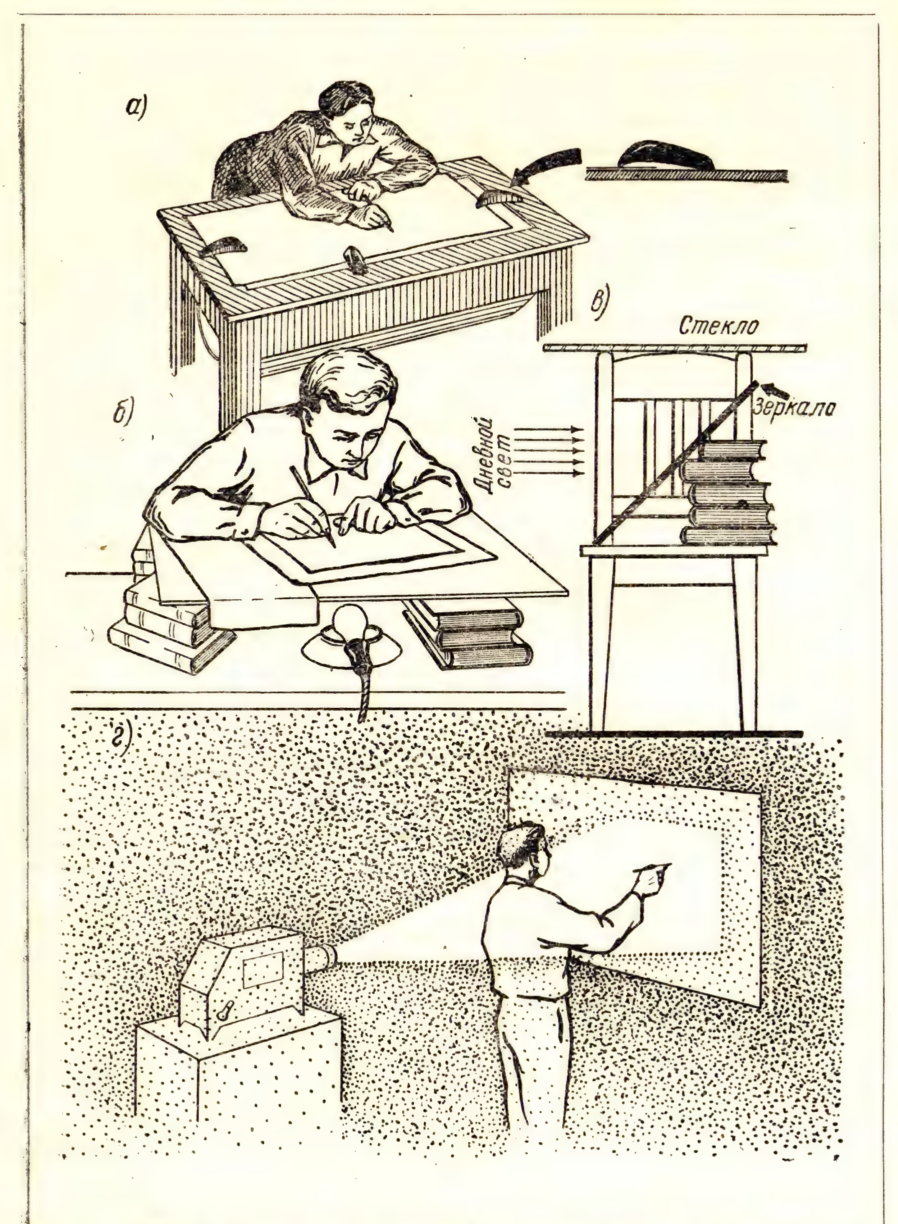


Рис. 8. Копирование чертежей на непрозрачную бумагу:
а) копировальный стол со стеклянной крышкой и электролампами внутри, *б*) копирование на куске стекла, *в*) использование дневного света для копирования, *г*) копирование посредством эпидиаскопа

Способам и правилам начертания шрифтов посвящён ряд руководств, рассчитанных, в основном на архитекторов и картографов [Л19]. Кроме того, имеются каталоги типографских шрифтов [Л62], которые тоже можно использовать для выбора нужных рисунков букв. Каждый, кто занимается изготовлением чертежей для демонстрации, должен проработать два-три рисунка шрифта и изготовить по ним трафареты нескольких наиболее ходовых размеров. Для основных надписей лучше всего употреблять шрифты Гротеск, Капитальный, Академический и, в крайнем случае, Трафаретный.

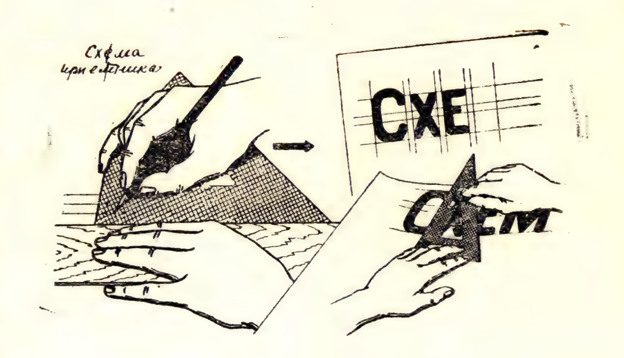


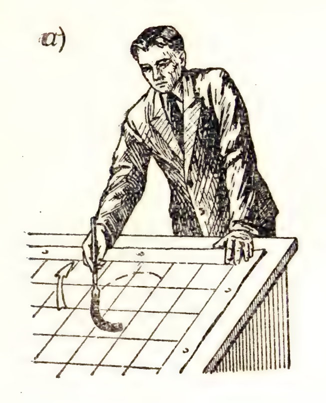
Рис. 9. Разметка надписей и протирание резинкой через маску. В верхней части рисунка показана разбивка слов на части, симметричные относительно оси

Шаблоны для букв крупных надписей можно изготовить, используя эпидиаскоп. С его помощью буквы из каталога или из книги увеличивают до нужного размера и обводят контуры карандашом. Увеличенные изображения букв можно проектировать непосредственно на чертёж.

Полностью размеченный чертёж можно обводить. Если обводка производится в карандаше, то после окончания разметки нужно стереть все лишние и ошибочно проведённые линии, закрывая при этом специальной маской нужное изображение.

При обводке тушью не следует стирать линии, неправильно проведённые при разметке, а нужно только перечеркнуть их. Начинать обводку надлежит с окружностей и дуг, затем переходить к толстым прямым линиям и после этого обводить тонкие прямые. Если на чертеже имеются кривые, то обводку нужно начинать с них. Важно усвоить правило: линию любой толщины нужно проводить сразу одним движением. Толстые линии не следует проводить в виде двух тонких линий, а потом заливать пространство между ними, так как при этом получаются линии разной толщины. Для обводки очень толстых линий следует использовать одно из перьев, изображённых на рис. 5. Нужно следить за тем, чтобы толстые линии обводки проходили своей серединой по тонкой разметочной линии, иначе можно исказить чертёж и не получить сопряжения отдельных линий.

Обводку кривых можно производить без помощи лекал, если чертёж предназначается для печати (когда его фотографируют с уменьшением) или для демонстрации в аудитории, т. е. когда



мелкие дефекты чертежей оказываются незаметными. Для того чтобы кривая при этом получалась плавной, её нужно вести на себя, обходя или поворачивая чертёж в соответствии с изгибами кривой. При этом рейсфедер или ручку с пером нужно твёрдо держать в руке не опёртой на доску или не лежащей на листке бумаги. Левую руку нужно в кисти или локте упирать в доску (рис. 10*а*).

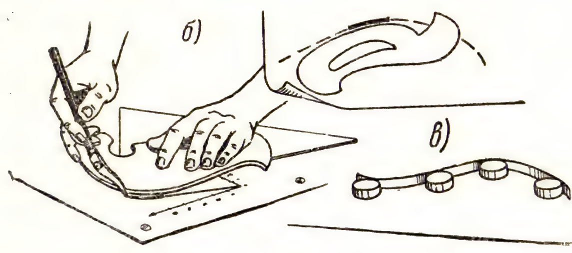


Рис. 10.
Обводка кривых тушью:
а) без лекал,
б) посредством лекала,
в) лекало изменяемой кривизны

При работе с лекалом удобно применять специальный рейсфедер, упоминавшийся выше. Во избежание подтекания туши, под лекало нужно подкладывать угольник или другое лекало. Для того чтобы получить плавную кривую, требуется накладывать лекало так, чтобы оно совпадало с кривой не только на обводимом участке, но и на соседних с ним (рис. 10*б*). Для обводки кривых большой длины иногда применяют лекало регулируемой кривизны (рис. 10*в*). Оно выполняется в виде узкой стальной ленты, поставленной на ребро и зафиксированной в нужном положении с помощью тяжёлых грузов. Такому лекалу можно придать произвольную форму.

Так же как и при обводке карандашом, покрывать чертёж тушью необходимо слева направо и сверху вниз, а главное не следует торопиться, давая туши хорошенько просохнуть. Рейсфедер во время работы нужно держать без напряжения, немного наклонным в сторону движения, но не выводя его из плоскости, перпендикулярной чертежу и проходящей через обводимую линию (рис. 11). Вторая рука в это время должна придерживать угольник или рейсшину. В целях получения точного сопряжения между линиями у точки стыка нужно оставлять небольшой просвет, который позже заполняют тушью при помощи пера.

Если чертёж исполняют тушью различных цветов, то сначала нужно провести цветные линии и только после полного их высыхания — чёрные. Аналогично, при раскраске чертежа, сначала

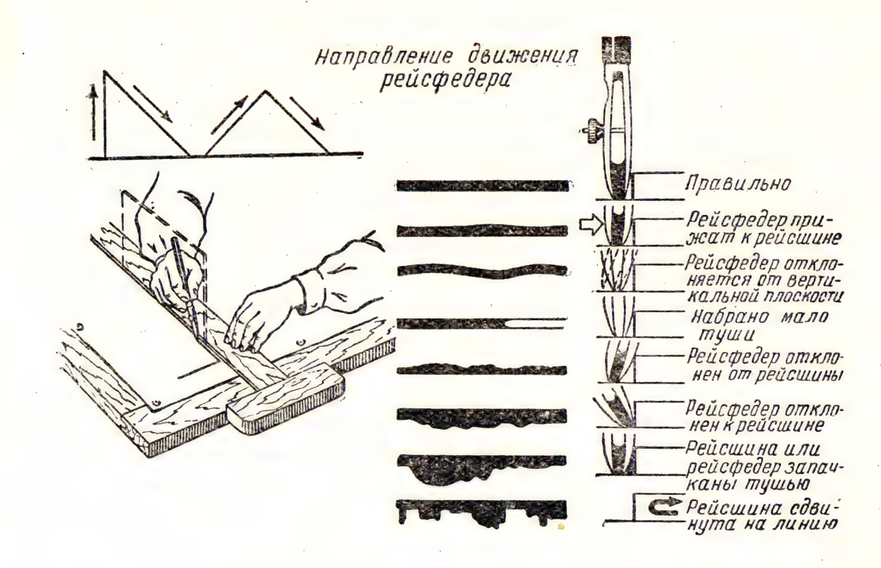


Рис. 11. Работа рейсфедером и её дефекты

нужно произвести раскраску, а затем уже тушью наносить контуры. Такой порядок обводки устраняет опасность появления на цветных линиях и поверхностях чёрных подтёков. Подтёки могут получиться также в месте пересечения двух чёрных линий, особенно, если эти линии сходятся под острым углом. В последнем случае вторую линию нужно вести к вершине острого угла, а не наоборот, и, как отмечалось уже, только после полного просыхания первой линии. Кроме того, обводя такие пересекающиеся линии, в рейсфедер или перо следует набирать мало туши.

При работе тушью малейшая неосторожность может погубить почти законченный чертёж, на который зачастую затрачивается очень много труда. Точка, непроизвольно образовавшаяся на месте пересечения линий, может совершенно исказить смысл схемы.

В ряде чертежей необходима раскраска или наложение теней. Для этого можно применять акварельные (прозрачные) краски и гуашь (кроющая клеевая краска). Гуашь даёт ровный одноцветный слой. Акварелью можно осуществлять отмывку, т. е. создавать различные градации густоты тона. Отмывка производится при помощи акварельной кисти, имеющей острый конец и мягкую щетину. Сначала увлажняют (поверхность должна быть влажной, но не мокрой) чистой водой поверхность, подлежащую отмывке, а затем, набрав на конец кисти немного краски, широкими движениями наносят её на влажную поверхность, начиная с того места, где требуется наибольшая густота тона. Если в каком-либо месте требуется «просветлить» тон, влажную краску удаляют от-

мытой и отжатой кистью. После небольшой тренировки отмывка получается без подтёков и с нужным распределением тона. Краску набирают не из тюбика, а с палитры: куска стекла или плотной бумаги. На палитре краску разводят до нужной консистенции и, если необходимо, смешивают. Следует отметить, что отмывку нельзя производить по поверхности, шероховатой после подчистки, так как на этих местах получаются заметные пятна. Под гуашью такие места не видны. Сквозь акварельную краску, в отличие от гуаши, видны карандашные линии. Поэтому на окрашиваемых участках следует проводить тонкие линии, чтобы иметь возможность удалить их без нарушения структуры поверхности бумаги.

Акварель, цветную тушь или гуашь можно наносить посредством набрызгивания, которое осуществляется с помощью специального пульверизатора (аэрографа) или зубной щёточки. В последнем случае, обмакнув щёточку в краситель, налитый на плоскую поверхность, располагают эту щёточку над нужным местом листа, проводя по щетине короткими движениями «на себя» какой-либо спицей или упругой пластинкой (рис. 12). Для того чтобы брызги попадали только на нужное место, всю поверхность вокруг окрашиваемого контура следует закрыть бумагой (маской). При сложной конфигурации маски её удобнее делать из кальки. Величина отдельных брызг (капель краски) тем меньше, чем ближе к бумаге располагается пульверизатор или щёточка. Последняя, во избежание клякс, должна быть полусухой. Ещё удобнее производить забрызгивание, проводя щёточкой, смоченной в краске или туши, по проволочной сетке, натянутой на небольшой обруч с ручкой, располагаемый над чертежом. Набрызгивание даёт возможность менять густоту тона и накладывать тени другой краской. Дефекты окраски легко исправить, нанося пером точки в тех местах, где требуется усилить тон. Забрызгивая поверхность разными цветами, можно получить промежуточные тона. Снимать маску нужно очень осторожно, чтобы краска с неё не попала на чертёж. Обычно по высыхании красителя густота тона окрашенной поверхности уменьшается.

Форму поверхности деталей можно передавать не только раскраской, но и посредством штриховки. Рисунки, в которых для передачи формы, теней и фактуры поверхности используют штриховку, называют гравюрами. Их часто можно встретить в технических книгах. Штриховку наносят рейсфедером или циркулем и изредка прибегают к помощи лекал или специально приготовленных шаблонов. Во время штриховки рейсфедер держат так, чтобы регулировочный винт был охвачен большим и средним пальцами и в меру необходимости вращают этот винт, меняя толщину линии (рис. 13*а*). Для образования очень тонких пробелов, пунктирной штриховки, производства поправок используют гуашь-белила, которые можно наносить поверх туши пером, кистью или рейсфедером. Во многих случаях форму и фактуру

поверхности можно достаточно хорошо показать, используя сплошную заливку тушью. На рис. 13*б* показаны основные приёмы штриховки. На рис. 13*в* приведены примеры изображения пейзажа.

При распределении светотени принимают, что свет падает слева сверху. В ряде технических чертежей нет необходимости особенно тщательно отрабатывать тени. Достаточно бывает слегка подчеркнуть распределение света, чтобы плоское изображение приобрело трёхмерность. Например, если правую контурную линию вертикальной цилиндрической детали сделать толще левой, изображение детали сразу становится выпуклым. Созданию рельефности деталей способствует нанесение элементарных бликов и отражений (рефлексов). Рельеф местности передаётся самыми элементарными приёмами, т. е. изображением линии горизонта, облаков, рек и строений. При крупных планах на местности изображают деревья, кусты и другие детали ландшафта.

Иногда окраску чертежа производят путём набивки художественными масляными красками, которые на бумаге дают очень чистые и яркие (броские) тона. Не все краски пригодны для бумаги, используются хорошо впитывающиеся в поверхность, например, крапп-лак. Годность краски проверяют опытным путём. Краска растирается на куске плотной бумаги или стекла, а затем по ней легко проводят ватным тампоном (рис. 14) так, чтобы он остался почти сухим; краску наносят на лист через маску, изготовленную из хорошо прожиренной кальки. Набивку производят движениями тампона со стороны маски к центру окрашиваемой поверхности так, чтобы тампон не задирал края маски. Свежая масляная краска легко может быть удалена резинкой.

В практике изготовления плакатов часто приходится склеивать отдельные листы чертежа. В этом случае предусматривают на чертеже полосу шириной 1÷2 *см*. Для точного наложения первый лист прокалывают двумя иголками и, установив концы иголок на соответствующие точки второго листа, совмещают листы. После этого оба листа прорезают лезвием бритвы или острым ножом. Подрезанные листы складывают впритык (стык при этом оказывается без зазоров) и с оборотной стороны склеивают полоской бумаги. Если плакат должен складываться, то его разрезают по линиям изгиба и по ним с оборотной стороны наклеивают полоски коленкора.

Клей, применяемый в перечисленных работах, не должен содержать следов кислоты, так как она вызывает появление на чертеже жёлтых пятен. Более пригоден крахмальный клейстер горячей варки[1]) или один из новых универсальных клеев.

---

[1]) Крахмальный клейстер изготовляют из 10 весовых частей крахмала и 90 весовых частей воды. Размешав крахмал с небольшим количеством холодной воды, в него, при непрерывном помешивании, приливают остальную воду, нагретую до кипения. Клей получается при этом без комков.

Рис. 12. Набрызгивание
↓ посредством зубной щёточки

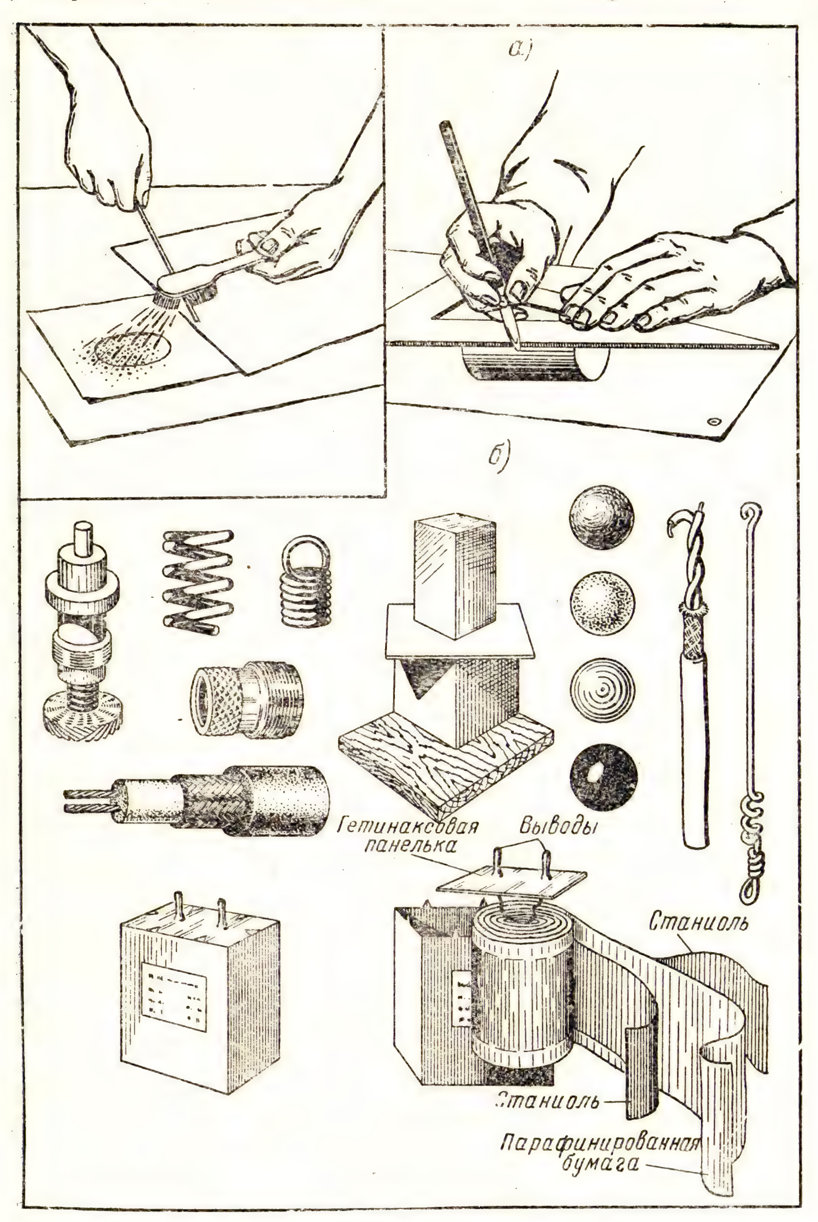


Рис. 13. Техника изготовления гравюр:
а) работа рейсфедером при штриховке, *б)* основные приёмы штриховки, *в)* приёмы изображения пейзажа

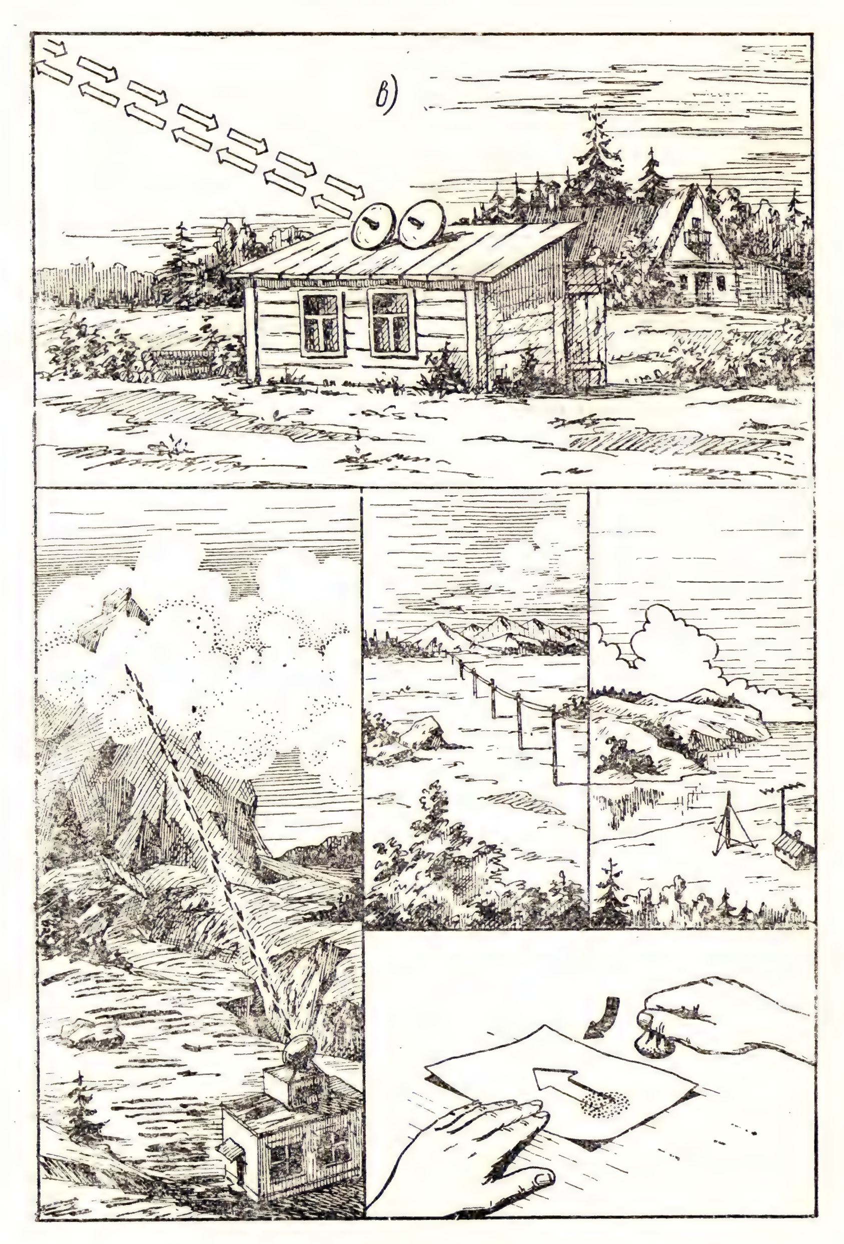


Рис. 14. Набивка краски тампоном ↑

§ 3. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

Цель условных обозначений

Условные обозначения в различных схемах образовались из рисунков тех деталей, которые они изображают. Всего 60—70 лет назад электротехнические и кинематические схемы представляли собой картины внешнего вида приборов и их соединений. Замена рисунков символами позволила сократить труд, затрачиваемый на графическое изложение мысли, снизить требования к квалификации чертёжника и рационализировать техническое мышление. Особенностью различных схем является то, что они чётко устанавливают взаимосвязь отдельных деталей, не показывая соотношений между их размерами и не давая представления о взаимном расположении этих деталей. Кроме того, схема составляется из отдельных условных обозначений, каждое из которых указывает только на основные особенности детали, обобщая большое количество разнообразных реальных конструкций. Условные обозначения позволяют полностью отразить сущность работы устройства, не отвлекая внимания на конструктивные особенности его выполнения. В смысле такой рационализации мышления прекрасные примеры даёт математика со множеством широко обобщающих символов. Условные обозначения, методы изображения схем непрерывно развиваются с развитием техники и служат показателем этого развития.

Радиотехнические условные обозначения

Виды схем. Наиболее общим видом радиотехнических схем являются так называемые блок-схемы.

Более подробное представление о радиотехническом устройстве дают схемы, называемые принципиальными. Эти схемы, в зависимости от назначения, могут быть производственными, упрощёнными, учебными и т. д.

Условные обозначения на блок-схемах. Условное обозначение блока не раскрывает его содержания, а указывает на назначение. Блок изображают простейшим символом — кружком, квадратиком или прямоугольником, представляющим понятие *Устройство* или *Прибор*, т. е. двух- или четырёхполюсник (рис. 15).

Для облегчения чтения блок-схемы начертание символа блока дополняют условными значками или пояснительным текстом. Так, например, значок $>$ означает усилитель вообще или усилитель напряжения, значок $\gg$ означает усилитель мощности, значок $\begin{smallmatrix}>\\>\end{smallmatrix}$ —двухтактный, а значок $\begin{smallmatrix}>\\<\end{smallmatrix}$ — двухсторонний усилитель. Кривая, нарисованная внутри прямоугольника, может означать характеристику затухания фильтра, форму генерируемого напря-

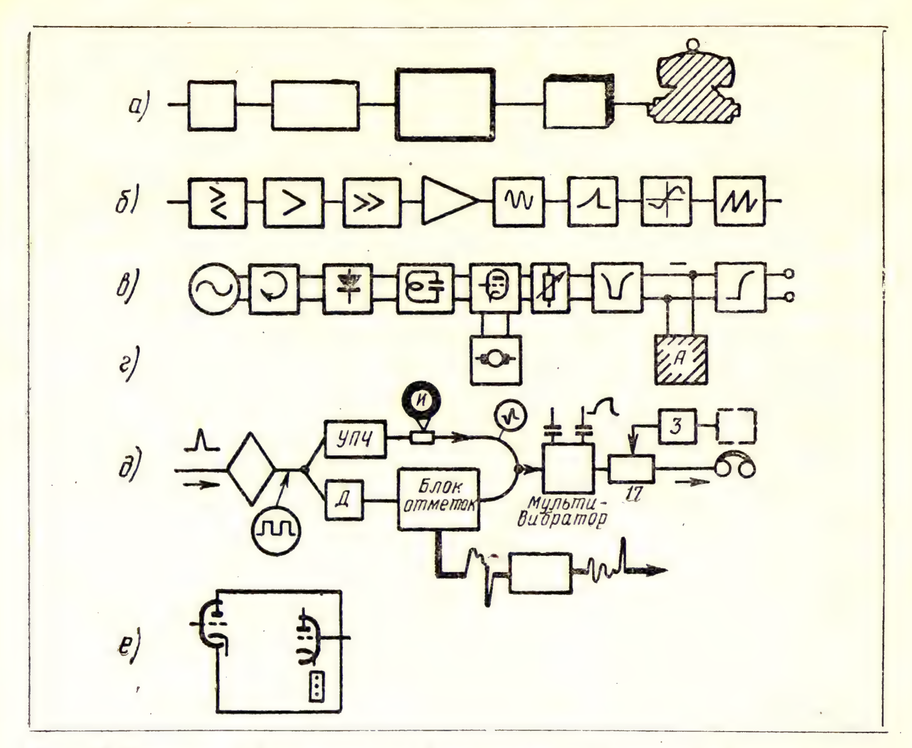


Рис. 15. Условные обозначения на блок-схемах: *а*) различные способы обозначения блоков, *б)* однопроводная система изображения: двусторонний усилитель, усилитель вообще и напряжения в частности, усилитель мощности, обозначение усилителя в дальней проводной связи, генератор синусоидального напряжения, генератор импульсов треугольной формы, дискриминатор, генератор пилообразного напряжения, *в)* двухпроводная система изображения: генератор синусоидального напряжения или вообще источник сигналов, фазовращатель, детектор или выпрямитель, блок, содержащий колебательные контуры, блок, содержащий электронную лампу, блок с потенциометром или регулятором напряжения, полосовой фильтр, фильтр нижних частот, *г)* блок источника питания с машинным генератором или умфомером, блок, обозначенный буквой *А*, *д*) блок-схема для пояснения простановки пояснительных надписей, цифр, стрелок и указания форм напряжений и сигналов, *е*) детализировка блоков с указанием выводов ламп и соединительных колодок

жения или форму рабочей характеристики блока. Желая подчеркнуть наиболее важную деталь блока, определяющую его назначение, внутри прямоугольника (общего символа) помещают символическое изображение этой детали. Так, например, в блоке электропривода помещают символ электромашины, в блоке деления напряжения — символ потенциометра, в блоке детектирования — символ детектора и т. п.

Ряд условных обозначений в блок-схемах строится на принципе внешнего графического сходства. Например, блоки, в которых применяется мостовая схема, изображают ромбиком; при

этом одна из горизонтально расположенных вершин (левая) обозначает входную диагональ моста, а другая — выходную. Генератор синусоидальной эдс, приводящий в действие всё устройство, обозначается кружком со значком ~ в середине.

Для более подробного указания на назначение или характер работы блока около условного обозначения или внутри его помещают полное или сокращённое наименование.

Соединения между блоками изображают одной или двумя сплошными линиями, а последовательность прохождения сигнала — стрелками на этих линиях или параллельно им. В целях отображения последовательных преобразований сигнала, особенно в импульсных схемах, в различных местах блок-схемы рисуют графики кривых тока или напряжения. Иногда эти кривые заключают в кружки, которые соединяют стрелками с соответствующими участками тракта.

Размеры условных обозначений в блок-схемах выбирают пропорционально общим размерам чертежа и числу отдельных блоков, имея в виду получение наибольшей удобочитаемости. Даже поверхностный взгляд на блок-схему должен давать ясное представление о тракте прохождения сигнала в устройстве.

Условные обозначения на принципиальных схемах. Условные обозначения создавались по двум основным принципам. Для некоторых условных обозначений основой символа послужил внешний вид детали, как, например, в обозначении телефонов. В других условных обозначениях стремились отобразить идею устройства; например, тумблер изображают в виде рычажка и контакта, т. е., как отгибаемый при выключении проводник. В действительности в нём имеются два неподвижных контакта и замыкающая их подвижная деталь. В ряде условных обозначений нашла отражение история развития прибора. Так, диметрический рисунок внешнего вида плоского квадратного анода первых образцов ламп в результате упрощения принял вид современного символа — толстой черты. В современных лампах применяют в основном цилиндрические аноды, не похожие на символическое изображение. Точно так же было упрощено изображение символа конденсатора, который не так давно рисовали в виде двух прямоугольных пластинок в диметрической проекции.

После разработки нового прибора или детали возникает задача выбора символа. В этом случае нужно в первую очередь использовать один из уже существующих символов или создавать новый, простой в начертании, хорошо отражающий сущность и назначение детали и, главное, понятный без особых разъяснений. Если на схеме изображают какую-либо деталь, не получившую ещё широкого распространения и не ставшую типовой, то, не вводя нового условного обозначения, применяют максимально упрощённый рисунок. Можно найти много примеров в различных схемах сантиметрового диапазона, детали которых ещё являются уникальными.

Ниже приведён перечень наиболее распространённых условных обозначений, применяемых на принципиальных схемах. По эстетическим и методическим соображениям желательно соблюдать известные соотношения между размерами различных символов. Размеры символов нельзя брать неизменными. Их приходится варьировать в зависимости от размеров чертежа и сложности схемы. В связи с этим все основные символы изображены на фоне сетки. Крупная клетка сетки является модулем, по отношению к которому даны все размеры символов. Выбрав модуль, мы тем самым выбираем и конкретные размеры всех символов данной схемы. Мелкие клеточки сетки позволяют правильно выбрать пропорции отдельных деталей изображения символа.

Соединительные проводники. Соединительные проводники изображают прямыми линиями равной толщины, которая может быть взята от 0,1 до 0,2 *М* (модуля), причём для плакатов следует брать бóльшую толщину (рис. 16*а*). Желая выделить какую-либо цепь, её изображают более толстыми линиями, но больше двух различных толщин применять не рекомендуется, так как различать их становится затруднительно. Для удобства чтения схем линии соединений располагают почти исключительно горизонтально и вертикально, поскольку именно в этих направлениях глаз человека обладает наибольшей разрешающей способностью. Ради удобства чтения острые изломы на углах скругляют радиусом примерно 0,2 ÷ 0,3 *М*. Соединение пересекающихся линий отмечают точкой, диаметром не менее 0,25 *М* (рис. 16*б*), а отсутствие соединения — отсутствием точки.

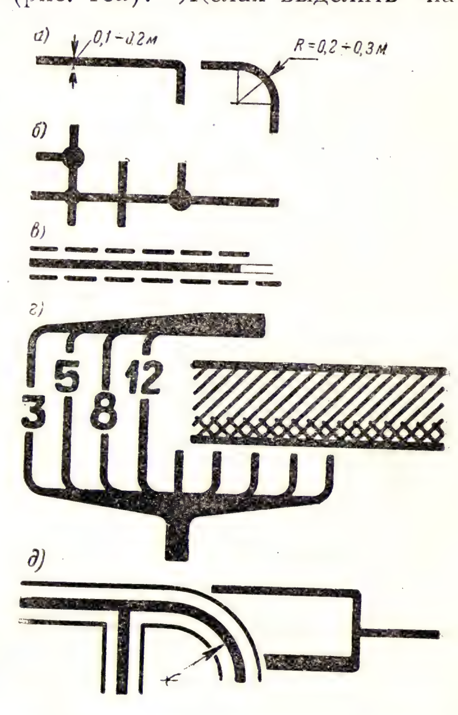


Рис. 16. Условные обозначения проводников:
а) одиночный проводник, *б)* различные способы обозначения соединения проводников и обозначение отсутствия соединения, *в)* экранированный проводник, *г)* обозначение жгута проводов, *д)* обозначение коаксиала

Экранированные провода обозначают основным символом, дополненным двумя пунктирными линиями (рис. 16 *в*), изображающими экранный чехол.

Кабель или жгут проводов обозначают жирной линией или двумя параллель-

ными линиями нормальной толщины, промежуток между которыми заполняют штриховкой (рис.16 *г*). На концах символа обычно изображают «разводку», т. е. показывают провода, выходящие из кабеля. Для того. чтобы установить соответствие между проводами на концах кабеля, в линиях, изображающих провода, делают разрывы ,в которые помещают цифры или надписи. Иногда такие цифры заключают в кружок.

Коаксиальную линию изображают как кабель, но на концах выводят только один провод, представляющий центральную жилу, и штриховку наносят не всегда (рис. 16*д*). В тех случаях, когда коаксиальная линия имеет разветвления, её изображают тремя близко расположенными параллельными линиями, из которых средняя представляет центральную жилу, а две крайних— разрез оболочки. Волновод изображают двумя параллельными (разрез) или одной толстой линиями.

Сопротивления. Сопротивления изображают прямоугольником с общими соотношениями символа от 1 : 5 до 1 : 3 (рис. 17*а*).

Конструктивные особенности или, как говорят, «размеры» сопротивлений отмечают только на ремонтных и производственных схемах, хотя иногда и на учебных схемах проставляют электрические параметры деталей, желая дать представление о порядке величин. Согласно практике, введённой журналом «Радио», величины в мегомах обозначают числом с запятой без буквы, например, 1,2), цифры в тысячах ом — буквой *К* (например, 47 *К)*, а величины сопротивлений в омах проставляют без

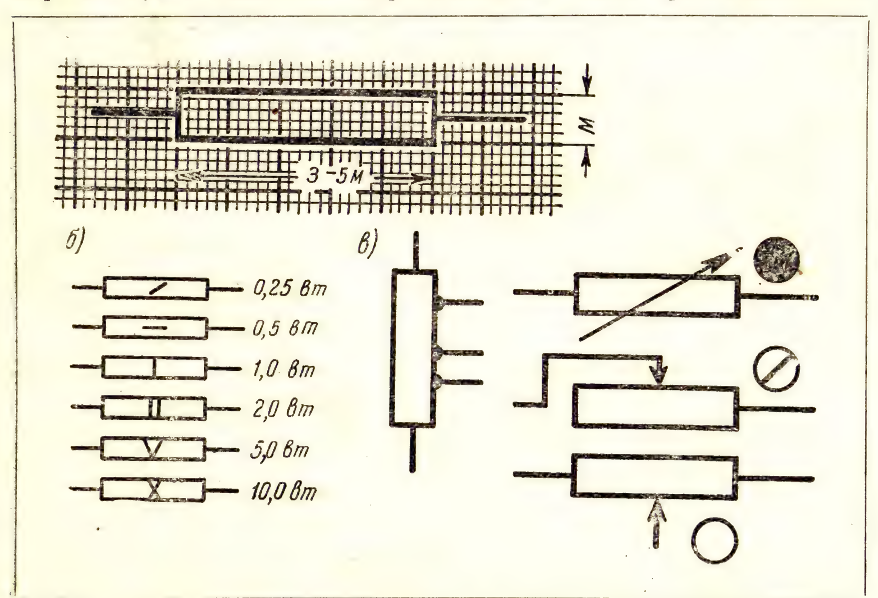


Рис. 17. Условные обозначения активных сопротивлений: *а)* габариты, *б)* код мощности, *в)* обозначение отводов и выводов рукояток

буквы (например, цифра 120 означает 120 *ом*). Очень важным конструктивным показателем является мощность, на которую рассчитано сопротивление. Её указывают либо надписью рядом с величиной сопротивления, либо при помощи специального кода, приведённого на рис. 17*б*. Для того чтобы показать, куда выведена ручка переменного сопротивления, рядом с символом ставят пустой, залитый или перечёркнутый наискосок кружок (рис. 17*в*). Первый означает, что ручка выведена на лицевую панель, второй — на боковую или заднюю стенку и третий — что ручка не выведена, а ось снабжена шлицем для пользования переменным сопротивлением только во время наладки.

Конденсаторы. Основной символ — две параллельные чёрточки. Переменный конденсатор изображают основным символом, перечёркнутым под углом 45° стрелкой. Полупеременный конденсатор изображают прямой и дугообразной чёрточкой, которую иногда снабжают стрелкой. Метод построения этого конденсатора показан на рис. 18*а*. Необходимо отметить, что в иностранной литературе иногда применяют символ, сходный с нашим символом полупеременного конденсатора. В этом символе дужка означает наружную обкладку конденсатора, которую в целях улучшения экранировки надлежит заземлять. Символ дифференциального конденсатора (рис. 18*б*) составляют из трёх чёрточек, соответственно числу групп пластин.

В условных обозначениях конденсаторов иногда отмечают некоторые особенности конструкции, имеющие принципиальное зна-

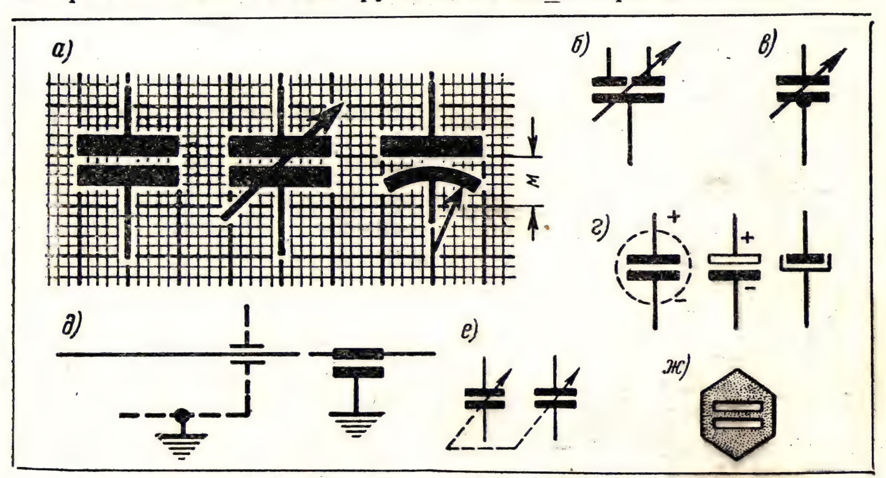


Рис. 18. Условные обозначения конденсаторов:

а) постоянный, переменный и полупеременный конденсаторы, *б)* дифференциальный конденсатор, *в)* обозначение роторной пластины, *г)* обозначения электролитических конденсаторов, *д)* обозначения проходных ёмкостей, *е)* обозначение объединения конденсаторов, *ж)* шаблон для вычерчивания условных обозначений ёмкости

чение. Например, точка на одной из чёрточек в символе переменного конденсатора отмечает роторную группу пластин, соединённую с корпусом (рис. 18*в*). Для обозначения электролитических конденсаторов в нашей литературе применяют три символа (рис. 18*г*). Во избежание ошибок полярность дополнительно указывают знаками + и —.

В последние годы нашли применение так называемые проходные конденсаторы, сочетающие в одной детали проходную изолирующую втулку с небольшим блокировочным конденсатором. Их обозначают либо двумя, либо тремя чёрточками, как это показано на рис. 18*д*.

Величина ёмкости, если необходимо, указывается непосредственно у символа. При этом можно воспользоваться системой, введённой журналом «Радио», согласно которой величины в пикофарадах проставляются без букв (например, 20 *пф* — 20). Ёмкость в микрофарадах проставляют в форме десятичной дроби. Таким образом, запись 20,0 означает 20 *мкф*.



Рис. 19. Способы построения и шаблоны для вычерчивания условных обозначений индуктивности

Объединение переменных конденсаторов в блок обозначают тонкой пунктирной линией, соединяющей концы стрелок символов (рис. 18*е*).

На рис. 18*ж* изображён шаблон, при помощи которого можно легко и быстро вычертить конденсатор.

Катушки индуктивности. Основным символом катушек всех видов является кривая, представляющая упрощённый рисунок цилиндрической спирали. Построение основного символа поясняет рис. 19. На этом же рисунке изображены шаблоны символа индуктивности. Так же, как и в остальных символах, стрелка, перечёркивающая символ, указывает на возможность изменения величины индуктивности. Стрелка, соединяющая несколько символов, означает наличие переменной магнитной связи между отдельными катушками (рис. 20). Неизменную магнитную связь изображают, располагая символы индуктивности так, чтобы их оси лежали на одной прямой или были расположены параллельно (рис. 21).

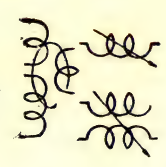


Рис. 20. Обозначение регулируемой величины индуктивности и связи

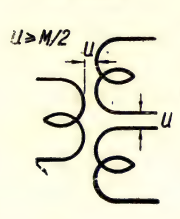


Рис. 21. Обозначение неизменной связи между катушками индуктивности

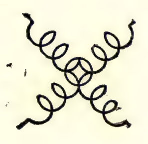


Рис. 22. Обозначение расположения катушек индуктивности в пространстве

В ряде случаев, например, в гониометрических устройствах, системах магнитного отклонения электронно-лучевых трубок, оказывается необходимым подчеркнуть взаимную ориентировку катушек или их магнитных полей в пространстве. С этой целью символы на чертеже располагают под соответствующими углами с таким расчётом, чтобы эта особенность взаимного расположения бросалась в глаза. Этого достигают, размещая символы не по основным осям, а под определённым углом к ним (рис. 22).

Сердечник из листовой (низкочастотной) стали изображают тремя тонкими линиями, располагаемыми параллельно друг другу и символу катушки (рис. 23*а*). Сердечник из высокочастотной стали (обычно магнитодиэлектрика) изображают тремя параллельными пунктирными линиями, которые часто располагают не параллельно символу, а у одного из его концов (рис. 23 *б*). Сердечник из немагнитного материала (меди, алюминия) обозначают незалитым узким прямоугольником, как показано на рис. 23*в* (если сердечник перечёркнут стрелкой, то это значит, что положение его можно изменять в целях регулирования индуктивности). В условном обозначении трансформатора (рис. 23*г*) символы обмоток располагают по обе стороны символа сердечника; при этом желательно, чтобы первичные обмотки находились по одну сторону сердечника, а вторичные — по другую. Экранированный сердечник изображают, как показано на рис. 23*д*. На рис. 23*е* дан символ вариометра. Развитие техники привело к появлению трёх

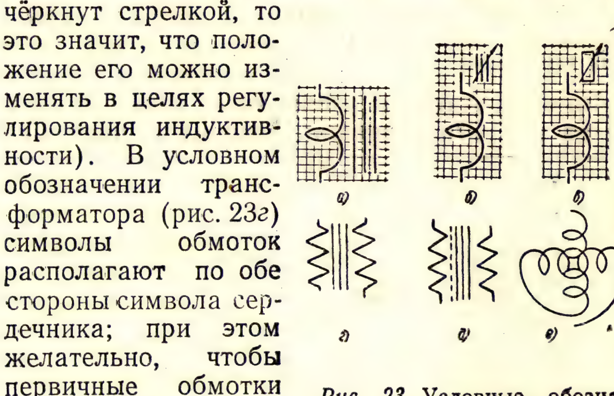


Рис. 23. **Условные обозначения катушек индуктивности:**

а) с сердечником из низкочастотной стали, *б)* с сердечником из магнитодиэлектрика, *в)* с сердечником из диамагнитного материала, *г)* трансформатор с сердечником из низкочастотной стали (ГОСТ 7624—55), *д)* трансформатор низкой частоты со статическим экраном между обмотки (ГОСТ 7624—55), *е)* вариометр

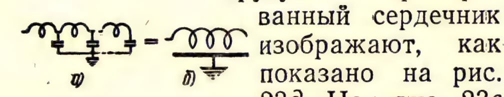


Рис. 24. Обозначение искусственной линии типа *LC*:

а) распространённое, *б)* сокращённое

новых символов индуктивности. Первый из них — сокращённое изображение искусственной линии типа LC (рис. 24*б*). Второй новый символ относится к катушкам с насыщенным сердечником или, иначе, к нелинейным индуктивностям. В этом случае катушка обозначается основным символом, перечёркнутым ломаной линией, условно изображающей кривую намагничивания (рис. 25). В феррорезонансных стабилизаторах напряжения, где в одном трансформаторе имеются насыщенный и ненасыщенный сердечники, применяют устаревший символ замкнутого сердечника, причём в насыщенном сердечнике помещают всего две линии (рис. 26*а*). Последний из новых символов служит для обозначения катушки с сердечником, магнитная проницаемость которого может быть изменена посредством изменения подмагничивания. Подмагничивающую катушку и её сердечник располагают перпендикулярно основному сердечнику (рис. 26*б*).



Рис. 25. **Условное обозначение нелинейной индуктивности**

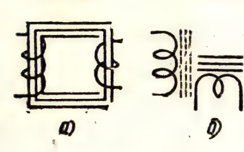


Рис. 26. **Условные обозначения:** ***а)*** **трансформатор с насыщенным сердечником,** ***б)*** **электрический вариометр (катушка с индуктивностью, регулируемой током подмагничивания сердечника)**

Величину индуктивности обозначают надписью рядом с символом. Если катушка имеет сердечник, значение индуктивности относится к катушке с сердечником.

Антенны. Антенны изображают одним из символов, приведённых на рис. 27*а* и представляющих упрощённый рисунок антен-

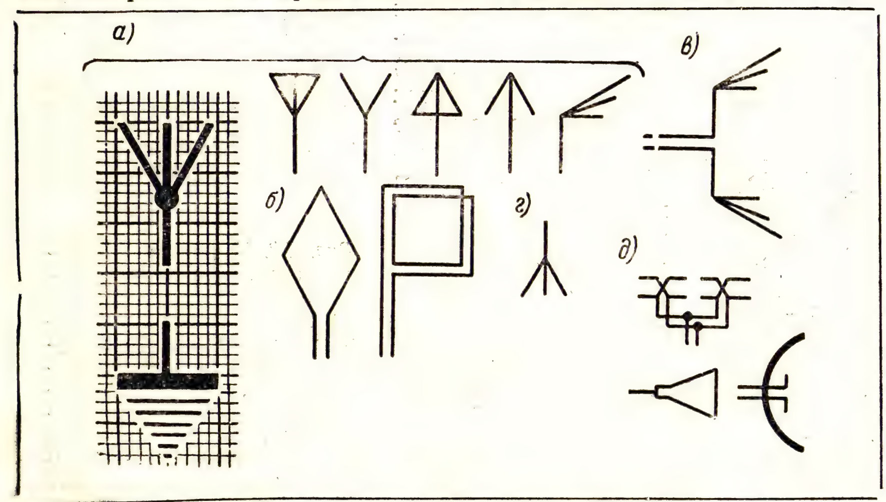


Рис. 27. Условные обозначения антенн:
а) пропорции открытых антенн, *б*) рамочная антенна, *в*) профессиональная антенна с двухпроводным выходом, *г*) противовес, *д*) антенны УКВ

ны с горизонтальным полотнищем проводов. Такие символы служат для обозначения любых антенн. Для рамочных антенн применяют символы рис. 27*б*, указывающие на особенности конструкции. Профессиональные антенны, связываемые с приёмником или передатчиком посредством двухпроводной линии, изображают двумя символами обычных антенн, один из которых перевёрнут (рис. 27*в*). Перевёрнутый символ означает также противовес (рис. 27*г*). Сложные многовибраторные и рупорные антенны укв обычно изображают посредством схематичного, упрощённого рисунка. Таким же способом образуют различные символы антенн с отражателями (рис. 27*д*).

Заземление. В некоторых схемах, где это существенно, например, в схемах приёмников универсального питания, в которых шасси приходится изолировать от заземления, пользуются неодинаковыми обозначениями для указания присоединения к шасси или собственно заземления (рис. 28*а, б*).

В укв устройствах, в которых с целью ослабления паразитных связей заземление деталей производится по группам в одной определённой точке шасси, применяют схемы, в которых имеется несколько различных символов заземления (рис. 28*в*). Каждый такой символ означает присоединение к одной определённой точке заземления. При выполнении этих символов нужно обращать внимание на то, чтобы штриховка была аккуратно ограничена чётким прямоугольным или треугольным контуром.

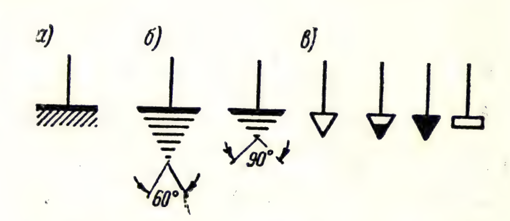


Рис. 28. Условные обозначения заземлений:

а) присоединение к шасси, *б)* общий символ заземления, *в)* изображение заземлений на схеме укв с присоединением проводов к разным и определённым точкам на шасси

Вакуумные приборы. Современные условные обозначения вакуумных приборов не представляют собой набор независимых и непохожих один на другой символов, а составляются соответственно устройству прибора из условных обозначений отдельных элементов, однотипных для всех приборов. Например, катод таких различных по устройству приборов, как электронно-лучевая трубка и магнетрон, изображают одним и тем же символом.

Всякий вакуумный прибор состоит из замкнутого баллона, внутри которого размещены электроды. Этот баллон обозначают почти во всех приборах круглым или овальным замкнутым контуром, который выполняют несколько более толстой линией, чем всю остальную схему (рис. 29*а*). Овальная форма контура более удобна. При вертикальном расположении она обеспечивает свободное размещение электродов многосеточных ламп (рис. 29*б*),

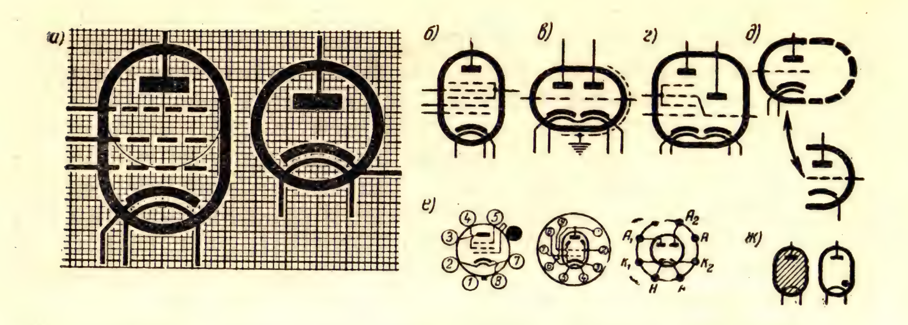


Рис. 29. Условные обозначения вакуумных приборов и их деталей:

а) обозначение основного символа, *б)* символ многосеточных ламп, *в)* символ сдвоенных ламп, *г)* символ сдвоенной лампы с большим количеством электродов, *д)* способ обозначения комбинированных ламп в схемах, *е)* изображение цоколёвки ламп, *ж)* символы лампы, заполненной инертным газом

а в горизонтальном (рис. 29*в)* — электродов сдвоенных ламп. Если в одном баллоне заключены две лампы с большим количеством электродов, то овальный баллон можно растянуть в ширину, так что получится квадрат со скруглёнными краями (рис. 29*г)*. В тех случаях, когда необходимо подчеркнуть, что баллон экранирован, металлизирован или выполнен металлическим, его окружают пунктирной линией. В последние годы в связи с широким применением комбинированных ламп и в целях увеличения удобочитаемости схем условные обозначения таких ламп разделяют на две части, разнося последние на значительное расстояние. Чтобы отметить, что символ означает только половину комбинированной лампы, вычерчивают только половину полного контура. Вторую половину в этом месте не изображают или наносят пунктиром (рис. 29*д)*.

Во многих устройствах цепь условных обозначений ламп является основным костяком схемы. Поэтому все приёмы, способствующие выделению ламп над фоном всей остальной схемы, содействуют увеличению общей её удобочитаемости. К числу таких приёмов нужно отнести исполнение всей схемы на бледном фоне (иногда даже белыми линиями на чёрном или тёмно-синем фоне) при сохранении пространства внутри символов ламп белым. Можно поступать и наоборот: всю схему исполнить чёрными линиями на белом листе, а символы ламп окрасить каким-нибудь бледным цветным тоном.

В схемах, предназначенных для ремонтных и производственных целей, иногда отображают конструктивные особенности ламп, главным образом цоколёвку. В этом случае баллон обозначают

круглым контуром, вокруг которого располагают кружки или чёрточки (символы ножек или контактных ламелей) в соответствии с цоколёвкой (рис. 29*е*). Соединение с электродами на схеме производят через детали цоколя. Такой способ чрезвычайно затрудняет чтение схемы, и в наглядных пособиях его нужно избегать.

Заполнение лампы инертным газом обозначается штриховкой, заполняющей всё пространство внутри символа баллона, либо жирной точкой (диаметром в 0,5 *М*), которую ставят внутри контура в непосредственной близости от символа катода (рис. 29*ж*). Если в схеме имеются две попеременно запираемых лампы, как например, в счётчиках импульсов, и важно показать, какая из ламп заперта в исходном состоянии схемы, эту лампу штрихуют.

Условные обозначения электронно-лучевых трубок отличаются от обозначения обычных ламп. Среди обозначений, приведённых на рис. 30, имеются только те, которые применяют для простейших кинескопов. Здесь не было возможности изобразить условные обозначения множества новых электронно-лучевых приборов. Их изображения можно встретить в литературе по телевидению. Почти все они более или менее точно воспроизводят внешний вид или разрез колбы и электродов.

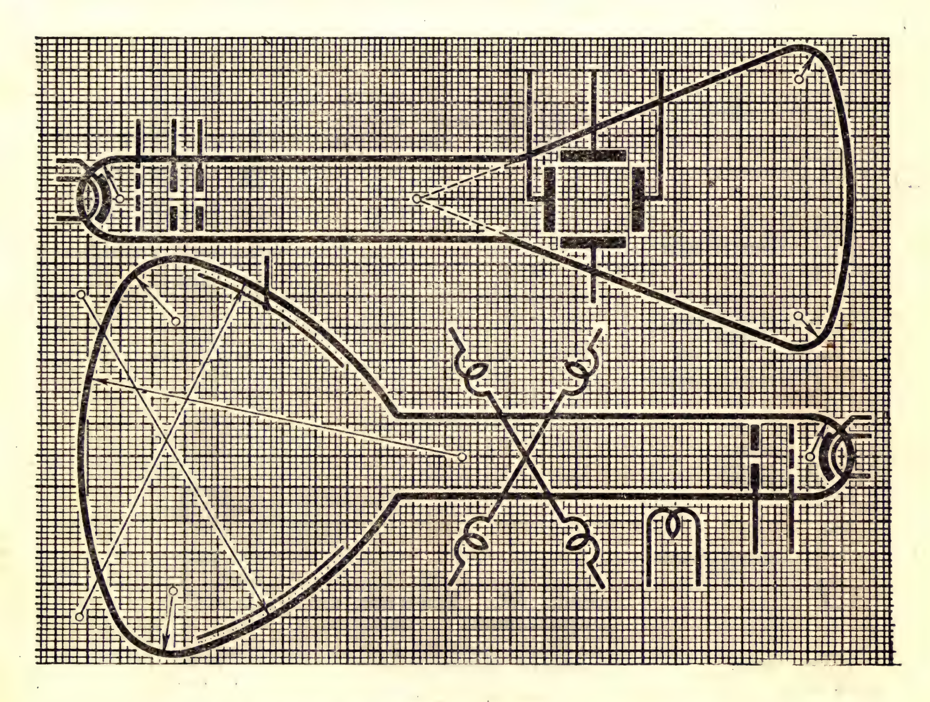


Рис. 30. Условные обозначения электронно-лучевых трубок

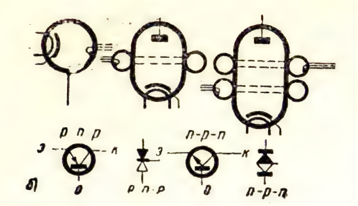


Рис. 31. Новые условные обозначения:
а) вакуумные приборы, работающие в области укв, *б)* полупроводниковые приборы

Особую категорию составляют вакуумные приборы для работы в области укв. На их символах часто приходится отражать и их конструктивные особенности, поскольку вопросы конструктивного выполнения играют здесь порой решающую роль. Примером такого символа служит символ клистрона, в котором содержится разрез резонатора (рис. 31*а*).

Новыми являются обозначения полупроводниковых приборов. Символ их ещё не установился окончательно. Возможно, что получит распространение символ, предложенный в США и базирующийся на обозначении вентиля (рис. 31*б*).

Акустическая аппаратура. Основные символы акустической аппаратуры изображены на рис. 32. Конструктивные особенности этих приборов и, главное, принцип их устройства отмечают дополнительными значками (рис. 33), проставляемыми внутри основного символа; обмотку подмагничивания со стальным сердечником изображают рядом с основным символом, на одной с ним

микрофон
ларингофон
громкоговоритель
звукосниматель, рекордер
телефоны головные
головка магнитной записи
микротелефонная трубка
звонок

Рис. 32. Условные обозначения акустической аппаратуры

электродинамический
электромагнитный
пьезоэлектрический
конденсаторный
ленточный

Рис. 33. Условные обозначения, поясняющие принцип устройства акустической аппаратуры

оси; для обозначения рекордера применяют символ звукоснимателя с буквой P в середине.

Измерительные и сигнальные приборы. Для обозначения измерительных приборов (рис. 34) имеется один символ — кружок, смысл которого, в случае необходимости, разъясняют текстом. Текст этот относится к единицам измерений, например mA, kV, или к измеряемой величине, например I_a, U_c и т. д. Иногда рядом с символом проставляют предел, на который рассчитан этот прибор, например, 0—100 *ма.*

На рис. 34 представлены также символы сигнальных приборов и деталей измерительных схем; особых пояснений они не требуют.

Коммутационная аппаратура. Коммутационная аппаратура, применяемая в радиотехнических устройствах, довольно проста и состоит из одно- и двухполюсных выключателей, поворотных многопозиционных переключателей и различного вида штепсельных и зажимных соединителей.

В ряде устройств, особенно приёмниках, применяют специально сконструированные переключатели. Для этих переключателей приходится применять новые условные обозначения в виде схематизированного рисунка конструкции.



Рис. 34. Условные обозначения сигнальных и измерительных приборов

Символы наиболее часто встречающихся деталей коммутационных устройств и их обозначения уже установились и приведены на рис. 35. Поворотные переключатели на схемах в последнее время стали развёртывать в линейные (рис. 35*а*), так как это способствует повышению удобочитаемости схемы. Символ, изображающий штепсельный разъём, часто используют в межблочных соединениях (рис. 35*б*). Расположение кружков на этом символе, «цоколёвку» штепселя или розетки следует изображать в виде, какой она имеет, если смотреть со стороны, противоположной подводу кабеля.

Коммутаторы, связанные общей осью, соединяют пунктирной линией, символизирующей объединение. Если это затрудняет чтение чертежа, то отдельные контактные группы группового переключателя обозначают цифрами или буквами, а в поясни-

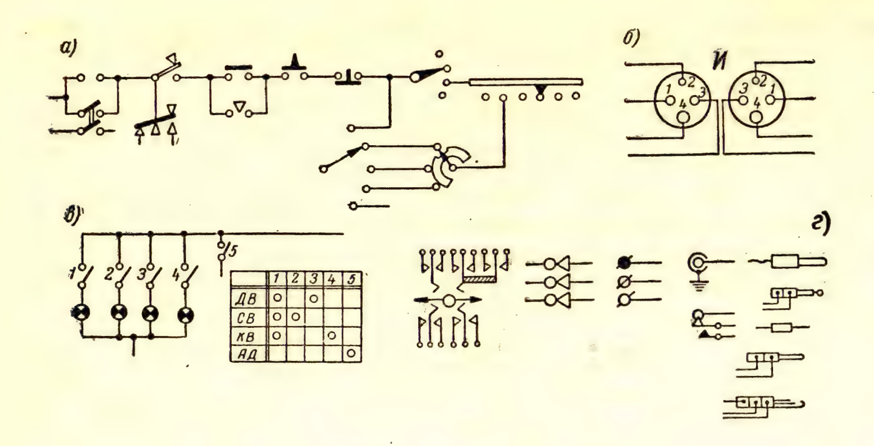


Рис. 35. Условные обозначения коммутационной аппаратуры:

а) кнопки, ключи, переключатели, *б)* штепсельные разъёмы, *в)* сложный переключатель, заменённый простыми выключателями и табличкой, *г)* условные обозначения, заимствованные из телефонии

тельном тексте указывают на согласованную их коммутацию. При этом перемычка во всех группах должна показывать замыкание контактов, соответствующих одному положению переключателя.



Рис. 36. Условные обозначения источников питания

Для упрощения схем контакты одного переключателя разносят в разные места и обозначают цифрами, а в отдельной табличке указывают, при каком положении переключателя происходит замыкание тех или иных контактов (рис. 35*в*).

Все остальные виды условных обозначений коммутационной аппаратуры, изображённые на рис. 35*г*, заимствованы из телефонии.

Источники питания. Источники питания имеют символы, изображённые на рис. 36. Во избежание ошибок следует помечать знаками полярность источников питания.

Условные обозначения автоматики и автоматической телефонии

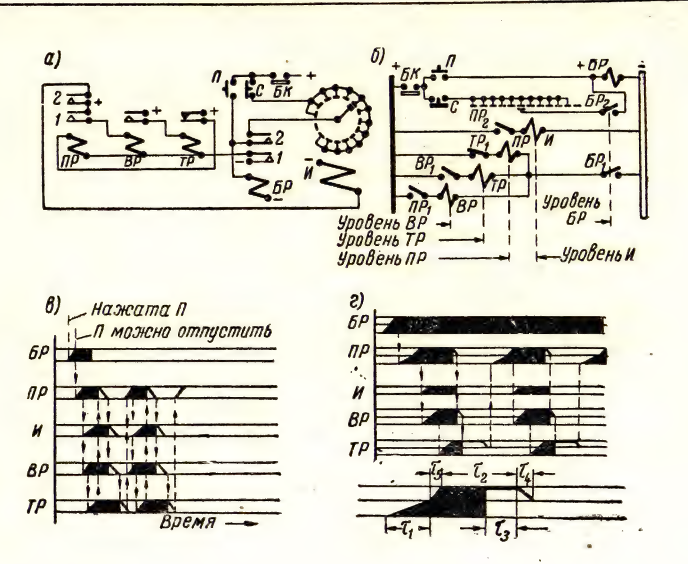
Кроме принципиальных схем, в автоматике и автоматической телефонии широкое распространение получили так называемые развёрнутые схемы. В обычных неразвёрнутых схемах в разных местах листа располагают условные обозначения приборов со всеми входящими в них элементами и соединяют линиями соответствующие точки различных символов. В устройствах автоматики, содержащих большое количество реле, схема при таком способе начертания получается запутанной, читать и разбирать последовательность действия её становится трудно.

При выполнении развёрнутых схем используют то обстоятельство, что почти все детали автоматики состоят из двух связанных механически, но электрически независимых элементов: приводных и исполнительных. Приводные элементы, получив питание, изменяют параметры исполнительных элементов. Типичным примером такой детали автоматики является реле. Оно состоит из обмотки (приводной элемент) и контактных групп (исполнительные элементы). Вычерчивание развёрнутых схем производится исключительно по электрическим цепям независимо от того, к каким деталям принадлежат отдельные элементы и как они скомпонованы в конструкции. Чтобы иметь возможность судить, какие части объединены в одном приборе, применяют определённую систему буквенных и цифровых обозначений (индексов) этих частей.

На рис. 37 показана одна и та же схема датчика импульсов, вычерченная как в неразвёрнутом (рис. 37*а*), так и в развёрнутом (рис. 37*б*) видах. Во втором случае почти полностью удалось устранить пересечения соединительных линий, которые затрудняют чтение схемы. Каждая схема автоматики в большинстве случаев питается от общей однофазной сети. Это позволяет помещать графическое изображение схемы между двух параллельных линий, представляющих шины питания. Отдельные электрические цепи располагают по возможности в порядке их срабатывания, сверху вниз, а символы отдельных элементов стараются разместить так, чтобы все элементы одной детали оказались на одной вертикали. Все эти приёмы облегчают ориентировку в схеме и позволяют читать её почти без помощи индексов, как бы по строкам сверху вниз.

Время установления и спадания тока в обмотках, задержки в реле, инерция механических деталей иногда не дают возможности только на основании схемы судить о работе устройства. Приходится дополнять принципиальную схему графиком поведения схемы во времени, без которой можно ошибиться в последовательности срабатывания отдельных реле.

Для графического анализа работы схемы изготовляется сетка декартовых координат. По оси ординат на определённых равных расстояниях наносят наименования всех реле и электрических механизмов, имеющихся в устройстве, а по оси абсцисс — время в определённом масштабе. Существуют две системы анализа: двух-



д)

Пер.
$З_1$
$З_2$
В
Стоп
ХВ
8 ком
25 вт
4 ком
15 вт
$Др_1$ 500 витков
Др, 250 витков
Ст
R_T
Т
8 мкф
400 в
8 мкф
400 в
24 в 0,1 А
З
2 мкф
400 в
К
24 в 0,1 А
Эл. магнит тормозов
Эл. магнит прижимного рычага
Выт. УЗ УВ
4А
~127 в
4А
2 ком

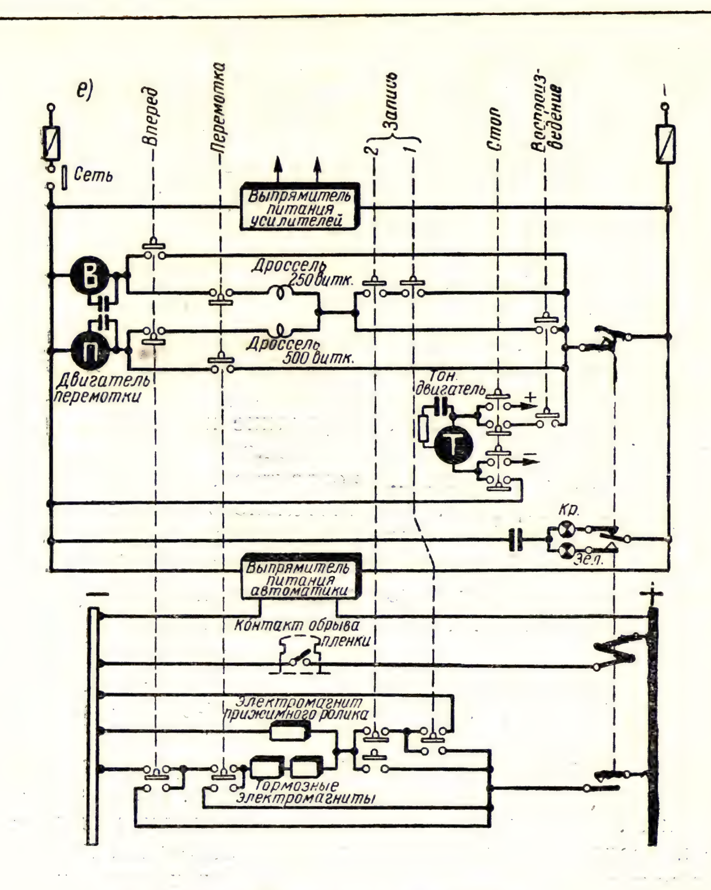


Рис. 37. Переработка схем автоматики:

а) неразвёрнутая схема датчика импульсов, *б)* развёрнутая схема датчика импульсов, *в)* двухлинейный график работы схемы, *г)* трёхлинейный график работы, *д)* схема кнопочного управления магнитофоном МАГ-6 в том виде, в каком она приведена в заводском описании, *е)* та же схема после перечерчивания в развёрнутом виде и методической переработки

линейная и трёхлинейная. В первой — для каждого реле или механизма проводят две горизонтальные линии; нижняя соответствует отсутствию магнитного потока в приводном элементе, а верхняя — такой силе потока, которая достаточна для срабатывания. В этой системе анализа предполагают, что переброска якорей реле или отработка механизмов (весь цикл срабатывания исполнительных элементов) совершается мгновенно. Во второй трёхлинейной системе применяют три линии, причём интервал между вто-

рой и третьей линиями используют для графика перемещения исполнительных элементов.

Для удобства чтения этих графиков интервалы, соответствующие пребыванию обмоток под током, а в трёхлинейных и интервалы включённого состояния исполнительного механизма, окрашивают в чёрный цвет, а переходные состояния штрихуют. В качестве примера на рис. 37*в, г* приведены двух- и трёхлинейные графики работы схемы датчика импульсов. Вертикальные пунктирные линии со стрелками указывают последовательность срабатывания отдельных устройств. На графиках обозначены следующие интервалы времени:

τ_1 — время нарастания потока до начала движения исполнительного элемента (но не характер нарастания),

τ_2 — время замкнутого состояния верхнего контакта,

τ_3 — время задержки на отпускание контактов,

τ_4 — время перехода исполнительного элемента в исходное состояние (отпускания контактов),

τ_5 — время перехода исполнительного элемента из исходного состояния (замыкания контактов).

Рис. 37*д, е* даёт возможность оценить, какой выигрыш в удобочитаемости схемы в некоторых случаях даёт переход от обычных принципиальных к развёрнутым схемам.

§ 4. ПОСТРОЕНИЕ БЛОК-СХЕМ

Как уже указывалось, блок-схемы изображают радиотехническое устройство в виде комбинации блоков. Назначение этих схем — показать только связь между блоками, их взаимное подчинение и последовательность протекания основных, наиболее общих электрических процессов. В некоторых случаях в них отражают конструктивную компоновку блоков. Имея в виду эти основные задачи, блок-схемы не следует перегружать второстепенными деталями, уточнять без особой нужды содержание или конструкцию блоков. Блок-схемы особенно удобно применять для пояснения основной идеи действия сложных устройств (профессиональных передатчиков и приёмников, многоканальных установок, радиолокаторов и т. п.).

Вместе с тем иногда на блок-схемах приходится изображать отдельные участки принципиальных схем, узлы механических конструкций или отдельные элементы кинематических схем. Иными словами, содержание блок-схемы следует подчинять основной методический цели — показу последовательности работы схемы. Для построения блок-схемы сначала необходимо набросать скелет схемы, т. е. наметить основное направление канализации и преобразования сигнала, а затем уже привязывать к этому скелету отдельные детали схемы. Блок-схема развивается и читается слева направо. Построение её начинают с источника эдс, возбуж-

дающего устройства, подстраивая к нему, в соответствии с тем, как возбуждающий сигнал проходит различные стадии преобразования (например, усиление, изменение формы и т. п.), условные обозначения блоков, которые осуществляют эти преобразования. Размещение отдельных условных обозначений должно быть подчинено только логике развития действия схемы, а не конструктивному размещению блоков.

Канализация сигнала в соответствии со схемой устройства может разветвляться, разбиваясь на отдельные ветви, либо в него могут вливаться каналы сигналов, поступающих от вспомогательных блоков, которые располагают выше или ниже основного тракта. Общим правилом построения блок-схем, обеспечивающим логическую последовательность и хорошую удобочитаемость схемы, является соблюдение при разметке непрерывного, ничем не нарушаемого развития схемы слева направо.

Составление схемы, особенно если она является сложной и содержит много блоков, приходится производить в несколько этапов. Сначала строят упрощённую, идеализированную схему, содержащую минимум основных блоков, вытянутых в одну прямую. Затем эту упрощённую схему развивают в более подробную, дочерчивая дополнительные блоки, а также заменяя крупные блоки более мелкими. Например, в схеме телевизионного передатчика на первом этапе не изображают блоков контроля, резерва, сигналов подавления чёрного пятна, а такие блоки, как развёртки, синхронизации, модулятора изображают только одним квадратиком. На следующих этапах, в процессе развития схемы, блок развёртки, например, уже изображают в виде раздельных блоков строчной и кадровой развёртки, а последние, если нужно, ещё более детализируют. Таким же образом поступают и с остальными частями передатчика. Кроме того, помещают различные вспомогательные блоки.

Вводя более детальную разбивку по блокам, необходимо так перемещать на листе линии канализации и условные обозначения блоков, чтобы получилась наиболее простая и легко понимаемая схема (рис. 38). Хорошая удобочитаемость достигается в том случае, если соединительные линии имеют очень мало изгибов и пересечений, а средняя плотность изображений на листе распределяется равномерно.

В некоторых случаях бывает необходимо отобразить смысловую, конструктивную или иную группировку блоков (по шасси, шкафам и т. д.), либо показать более крупные сочленения схемы, например, блок передатчика, блок модулятора и т. д. Для этого блоки, подлежащие такой группировке, обводят общим пунктирным контуром, который обозначает общую коробку, сборку или экран. Внутри каждого такого группирующего контура следует производить перемещения отдельных символов и этим добиваться ещё большей удобочитаемости. Форма группирующих контуров не обязательно должна быть правильной, прямоугольной.

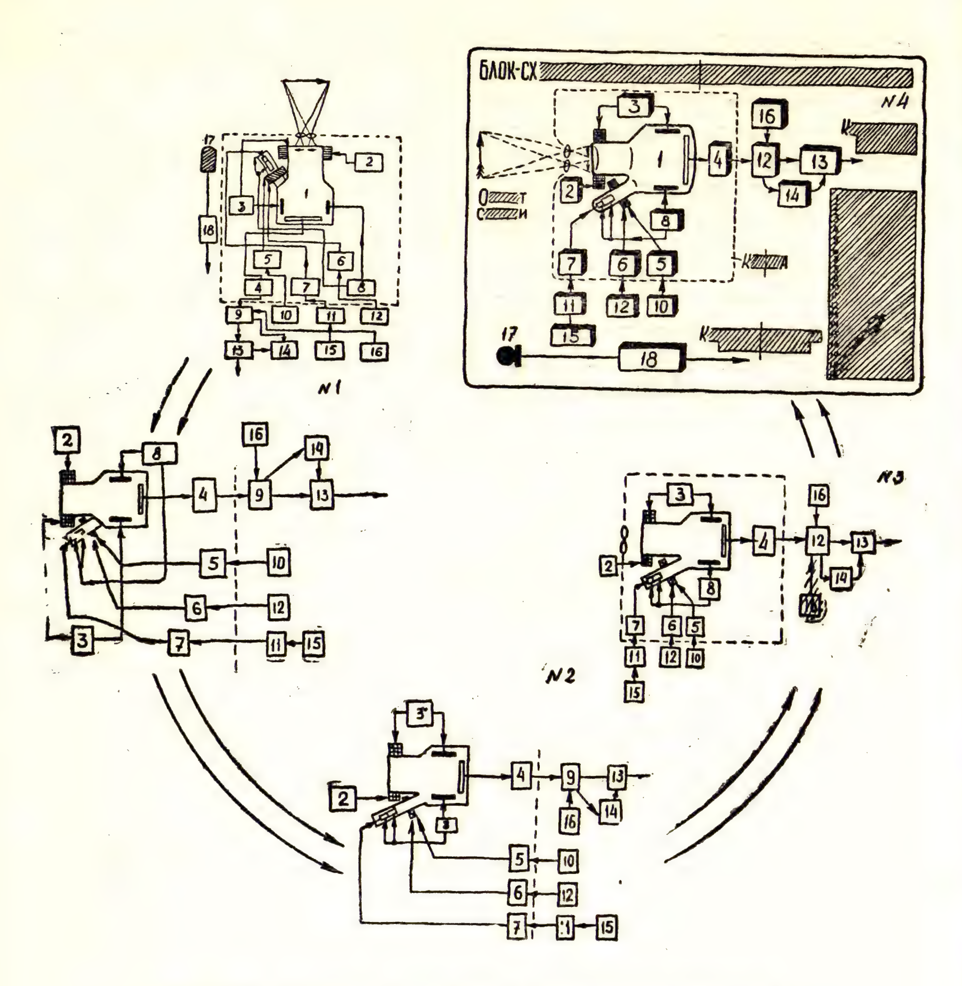


Рис. 38. **Черновик блок-схемы и этапы его переработки**

Она может иметь форму прямоугольника с различными выемками или выступами. Желательно, чтобы этот контур состоял из отрезков прямых, ориентированных параллельно осям листа. Следует избегать применения косо расположенных прямых и особенно кривых контурных линий. Необходимо помнить, что форма такого группирующего контура должна отражать логическую компоновку, а не форму истинного устройства.

При построении сложных блок-схем нужно добиваться, чтобы однотипные каналы располагались параллельно друг другу, а однотипные блоки на одной вертикали. Это облегчает ориентировку при чтении чертежа.

Работу над блок-схемой вначале ведут на черновике, причём в процессе детализации и улучшения схему перечерчивают несколько раз, пока не удастся получить удовлетворительный вариант. Обычно черновики вычерчивают от руки, выдерживая соответствующие пропорции, на клетчатой или миллиметровой бумаге. После отработки чертёж можно перерисовать на большой лист, нанеся на последнем соответствующим образом увеличенную сетку или используя эпидиаскоп.

Вычерчивать блок-схему нужно сначала на черновике, на котором необходимо проработать размещение и размеры пояснительных надписей. В первых вариантах черновика надписи изображают заштрихованными прямоугольниками, а в последних — такими же прямоугольниками, на которых размещены отдельные буквы, обычно крайние в строке, чтобы потом было удобно определить размеры букв на большом листе. Пример такого черновика приведён на рис. 38. Оси на прямоугольниках, изображающих тексты, облегчают размещение надписей на большом листе.

§ 5. ПОСТРОЕНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Принципиальные схемы можно разделить на две группы. Одна из них предназначается для пояснения основной идеи устройства, токопрохождения только через основные детали и элементы монтажа. Другая группа представляет основной документ для производства, ремонта, налаживания и регулировки радиотехнического прибора. В схемах этой группы должны быть изображены абсолютно все токонесущие элементы устройства, указаны электрические параметры всех деталей, расцветка и маркировка монтажных соединений и кабелей, подробная схема всех видов коммутации и т. п.

Схемы первой группы можно назвать учебными, а второй — производственными. Отражая только основную суть устройства, учебные принципиальные схемы не должны давать таких подробных сведений, как производственные. Более того, сама идея учебных схем диктует необходимость максимального упрощения и выделения основных цепей за счёт пренебрежения второстепенными. В производственных схемах удобочитаемость часто приносят в жертву точности и подробности. В учебных же схемах удобочитаемость является одним из основных условий, в связи с чем все второстепенные детали и монтаж вычерчивают более бледно или опускают вовсе. Например, в учебных схемах приёмников часто исключают коммутацию для перехода с диапазона на диапазон и изображают постоянно включённые простейшие контуры; вместо пентодов и других многосеточных ламп изображают триоды, либо оставляют неприсоединёнными ряд сеток и т. п.

Хорошая удобочитаемость, конечно, должна быть и в производственных принципиальных схемах, но здесь она достигается

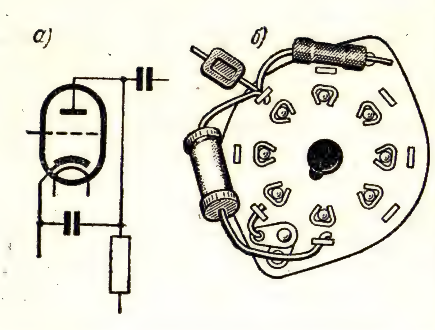


Рис. 39. Расположение деталей: *а*) на принципиальной схеме, *б*) реально в приборе

исключительно рациональным размещением условных обозначений и соединительных линий.

Характерная особенность всех принципиальных схем заключается в том, что в них не отражаются относительные размеры, конфигурация и взаимное расположение деталей. Схема показывает только смысл, идею, принцип токопрохождения, а не действительное соединение деталей. Начертание принципиальных схем исходит из принципа, что линии изображают провода, не обладающие распределёнными параметрами, т. е. погонными индуктивностью, ёмкостью и сопротивлением (рис. 39*а*).

В реальных устройствах расположение деталей осуществляют так, чтобы по возможности устранить нежелательное, паразитное влияние одних цепей на другие, т. е. обеспечить хорошую экранировку, а также снизить индуктивность и ёмкость соединительных проводов. С этой целью соединительные провода берут как можно более короткими и выводы одних деталей припаивают непосредственно к выводам других (рис. 39*б*).

Принципиальная схема не может полностью отображать конструкцию реального устройства в силу того, что современные радиотехнические устройства имеют трёхмерный, пространственный монтаж, тогда как схема является плоским изображением. Передача пространственных конструкций в плоском изображении очень усложняет составление и чтение схемы.

Учитывая все указанные соображения, при построении принципиальных схем не следует пытаться отображать конструктивное выполнение. Такие попытки заранее обречены на неудачу и приводят к напрасному усложнению схемы.

Работа по изготовлению схем, предназначенных для использования в качестве наглядных пособий, заключается главным образом в самой тщательной переработке их с целью максимального повышения наглядности и удобочитаемости. К сожалению, этому вопросу очень часто не уделяют достаточного внимания, что, естественно, снижает эффективность наглядных пособий. Схемы, которыми различные производства снабжают свою продукцию, как правило, не выдерживают критики с методической точки зрения, и практика простого перечерчивания этих схем для целей преподавания является неправильной.

Построение простых схем можно производить непосредственно при изготовлении чистового чертежа, тогда как сложные прин-

ципиальные схемы нужно начинать строить с блок-схемы, раскрывая постепенно содержание отдельных блоков. Рационализация изображения осуществляется в процессе многократного перечерчивания и исправления черновика. При этом отдельные детали, условные изображения, соединительные линии передвигают, поворачивают, добиваясь того, чтобы они имели минимальное количество перегибов и пересечений. На рис. 40 показана последовательность такой поэтапной обработки схемы.

В принципиальных схемах установилась традиция располагать большинство соединительных линий и условных изображений исключительно вертикально или горизонтально. Это обосновано физиологически: размещение элементов сетчатки глаза таково, что легче всего различаются мелкие детали изображения, расположенные по вертикали и горизонтали, а хуже всего — под углом 45° к основным осям. При построении схем необходимо учитывать также другую особенность глаза. При чтении схемы глаз должен прослеживать соединительные линии. Если последние имеют много изгибов или маскируются другими параллельными линиями, то глаз перескакивает на соседние линии. Возникают ошибки чтения. Приходится водить по схеме указкой или пальцем, а также многократно просматривать одну и ту же цепь. Вследствие этой особенности восприятия необходимо устранять изгибы соединительных линий и максимально разносить их на чертеже.

Менее заметно действие другого фактора — равномерности распределения изображений по поверхности листа. Одна из особенностей нашего зрения состоит в том, что, глядя на некоторое изображение, мы ясно видим только часть его поверхности, а всю остальную поверхность воспринимаем как некоторый пятнистый фон, густота тона которого зависит от того, насколько близко друг к другу нанесены отдельные линии. При рассматривании схемы зрение невольно фиксируется на наиболее ярких местах: белых на тёмном фоне или тёмных на белом. Необходимо, чтобы все участки схемы привлекали одинаковое внимание. Для удобного и лёгкого чтения схемы по всей поверхности листа должна быть равная плотность фона или равная густота линий. Если отдельные соединительные линии или символы начертить на одинаковых расстояниях, то однородности фона получить не удаётся, так как одни условные обозначения с композиционной точки зрения представляют более густое и тёмное пятно, чем другие.

Эти положения легко проверить, если рассматривать чертёж на матовом стекле фотоаппарата, находящемся «не в фокусе», или прищурив глаза. Ввиду нерезкости изображения чертёж представляется собранием отдельных пятен.

При построении схемы нужно также добиваться такого распределения символов на листе, чтобы вокруг более крупных из них, имеющих большую «густоту пятна» (например, трансформаторов со сталью) оставалось больше свободного пространства.

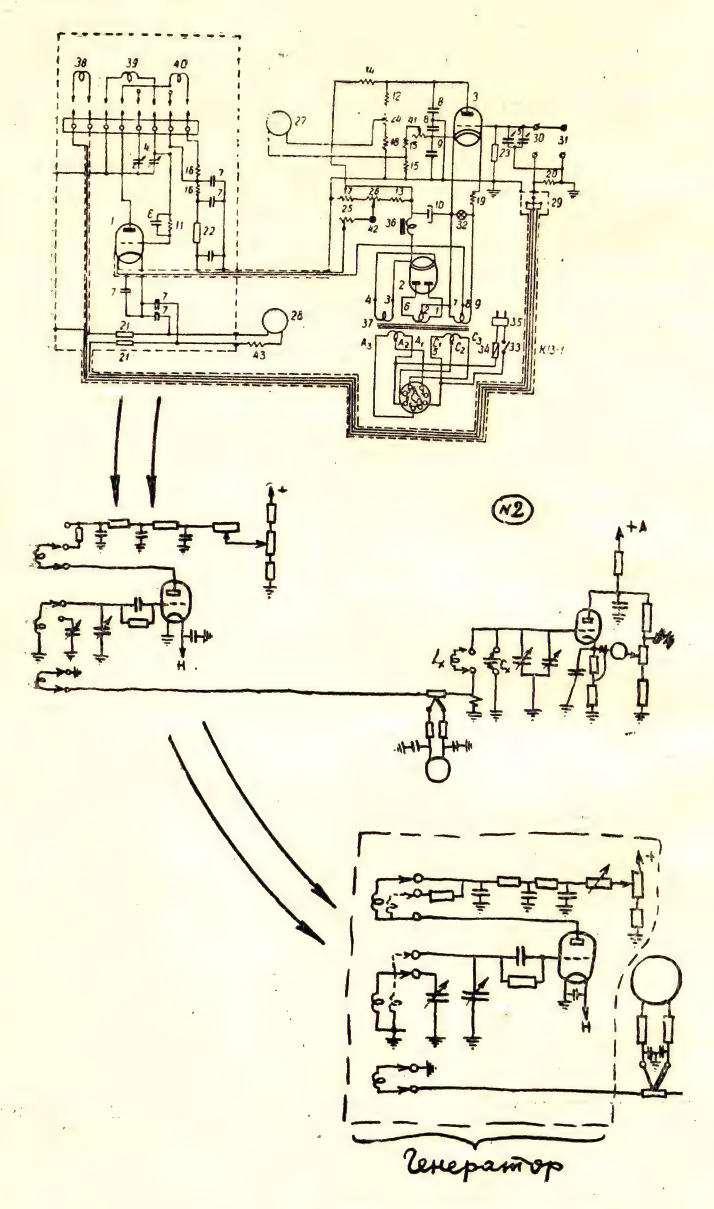
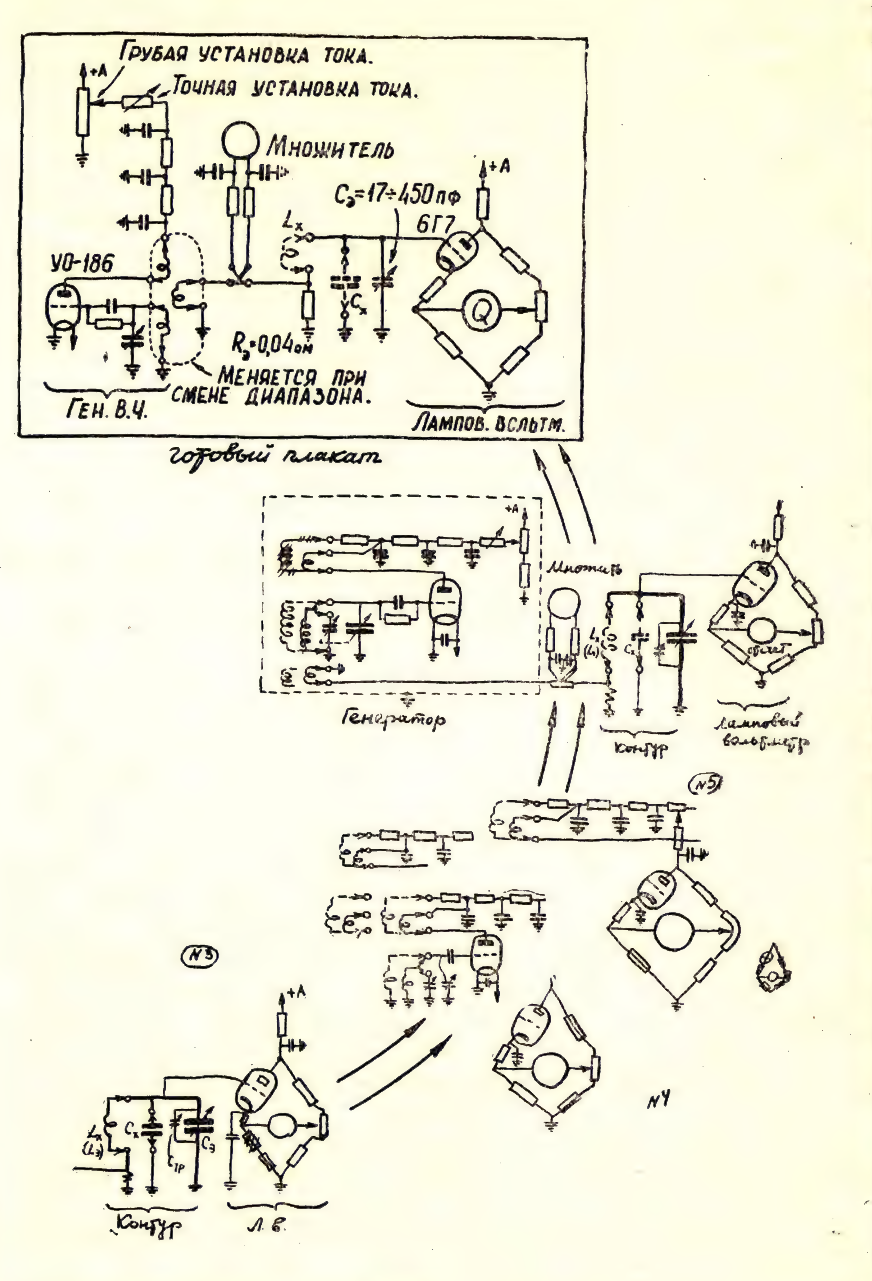


Рис. 40. Последовательные этапы процес



са переработки принципиальной схемы

Одновременно необходимо следить за тем, чтобы в отдельных местах листа не оставались пустоты, которые дадут белые пятна на общем фоне схемы.

Композиционные соображения заставляют заранее размещать надписи при проработке черновика, так как эти надписи входят в общую композицию и меняют распределение густоты фона. Поэтому, желая определить влияние надписи на эстетические качества схемы, нет необходимости выписывать эту надпись, а достаточно изобразить равное ей по зрительному ощущению цветовое пятно, т. е. заштрихованный прямоугольник.

В изобразительном искусстве вопросы композиции играют очень большую роль, и при распределении изображений на поверхности картины часто говорят о «центрах тяжести», отождествляя густоту тона с распределением массы. Составитель схем, используемых в качестве наглядных пособий, должен добиваться, чтобы схема была доброкачественна с композиционной точки зрения. Правильная композиция всегда даёт экономию времени при объяснении схемы и при самостоятельном её изучении. В зависимости от сложности схемы эта экономия может измеряться десятками минут.

Как уже было указано, обработку схемы осуществляют путём её многократного перечерчивания. Когда готов очередной вариант черновика, стараются найти в нём полезные изменения и вычерчивают следующий вариант.

Чертёжник, который долго работает над одной и той же схемой, часто теряет объективность оценки своего чертежа, «привыкает» к нему и перестаёт замечать дефекты. Чтобы восстановить свежесть впечатлений, нужно взглянуть на чертёж с новой точки зрения. Такую новую точку зрения можно получить, если на продолжительный срок (до нескольких месяцев) прекратить работу над чертежом. Другой способ, не требующий перерывов в работе, заключается в том, что чертёж рассматривают в зеркало. Перевёрнутое изображение кажется незнакомым, и все его дефекты сразу становятся заметными.

При построении принципиальных схем много труда приходится затрачивать на получение высокой удобочитаемости. Удобочитаемостью называют такое сочетание качеств схемы, которое позволяет:

1. Легко, без ошибок и возвращения к началу проследить любую цепь.

2. Без труда иметь возможность сосредоточить внимание на одной отдельной цепи или, наоборот, одним взглядом охватить действие целого участка схемы.

3. По одному внешнему виду схватить суть работы отдельной части устройства.

4. Без особых затруднений видеть последовательность действия элементов схемы.

5. Видеть самые мелкие детали, не напрягая зрения, с большого расстояния.

Правильная композиция схемы способствует повышению удобочитаемости, но сама по себе не может обеспечить её полностью. Выше уже отмечалось, что соединительные линии должны иметь минимальное количество перегибов и пересечений, а также не должны идти параллельно на большом протяжении или близко одна от другой. Это — одно из основных условий получения удобочитаемости.

Очевидно, что устранение перегибов и пересечений линий можно получить только перестановкой отдельных символов. На рис. 41*а* показан исходный, а на рис 41*б* — окончательный виды схемы, взятой из учебника и переработанной с целью повышения удобочитаемости. Вместо шести пересечений, имеющихся в исходной схеме, в окончательном варианте оставлено всего одно.

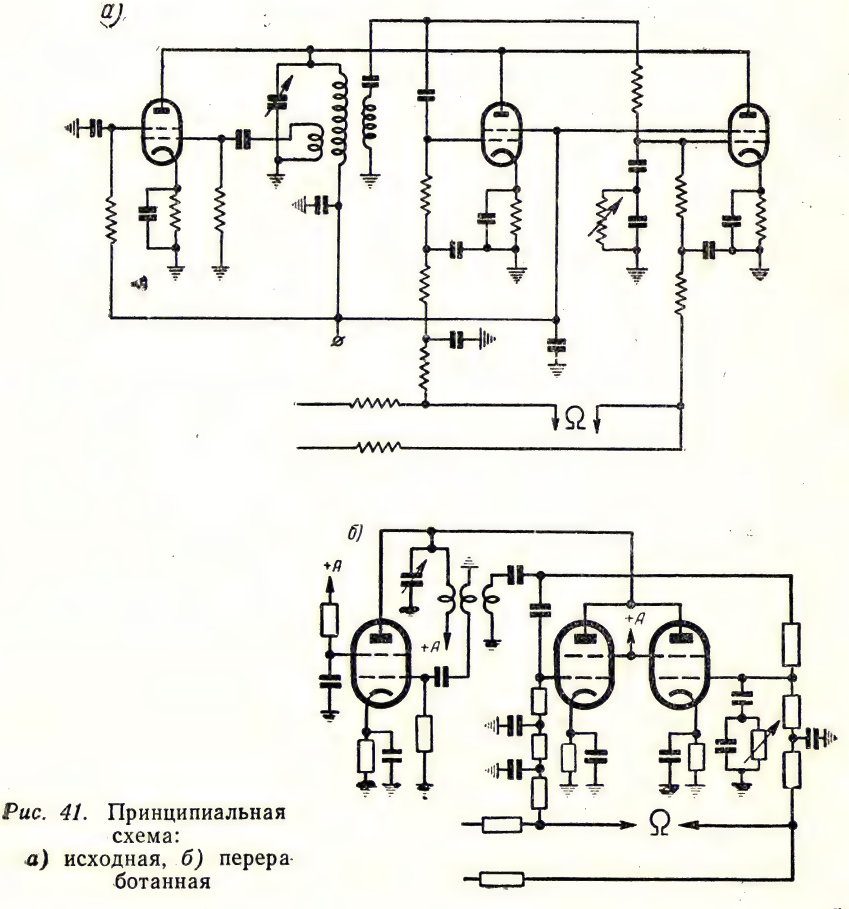


Рис. 41. Принципиальная схема: *а)* исходная, *б)* переработанная

Более рациональное распределение символов позволяет легче понять суть строения схемы (взаимодействие первой лампы с двумя последующими) и увеличить размеры деталей чертежа, сохранив неизменным общие его размеры.

Значительное упрощение схемы достигается тем, что ряд соединительных линий обрывают непосредственно у условных обозначений, и вместо продолжения линии ставят стрелку с буквой, указывающей, куда идёт эта линия. Так обрывают цепи накала, анодного питания, постоянного смещения и т. п. Если необходимо, у стрелок проставляют буквы *Н*, +*А*, — или $-E_c$. В учебных схемах осуществляют ещё большее упрощение, особенно в цепях питания по постоянному току. Эти цепи либо приводят в самом упрощённом виде, либо не показывают вовсе, ограничиваясь только пометками, которые ставят у соответствующих выводов потребителей и указывают на величину питающего напряжения, например, +250 *в*, +40 *в*, или же назначение этого напряжения, например, +*Э*, +*А*. Кроме того, на учебных схемах избегают проставлять электрические параметры деталей, маркировку проводов и элементы коммутации. В тех случаях, когда необходимо иметь возможность ссылаться на конкретные детали, возле них ставят порядковые номера или обозначения, например *R1, R5, C8, Тр4, Др2* или R_1, R_5, C_8, $Тр_4$, $Др_2$ и т. п. [1]). Точки схемы, которые могут потребоваться при объяснении, обозначают строчными буквами.

Хорошая удобочитаемость достигается продуманным относительным размещением деталей. Так, электрическая симметрия, имеющая место в таких устройствах, как балансные или двухтактные схемы, хорошо отображается графической симметрией относительно горизонтальной или вертикальной оси. При этом отдельные лампы приходится часто изображать перевёрнутыми на боку или вниз анодом, а сопротивления, ёмкости и другие символы размещать попарно на равных расстояниях от оси и на одном и том же уровне; отводы от симметричной схемы следует делать по осевой линии.

Аналогичным образом, суть мостовых схем подчёркивается расположением деталей по сторонам ромба. Если при этом в плече моста находится лампа, то ось символа ламп нужно ориентировать по направлению плеча ромба. Организованное расположение отдельных символов, например, в ряд или по одной вертикали, подчёркивает, что эти детали имеют одно и то же назначение. Например, в схемах приёмников так удобно располагать переключаемые контуры одной ступени. Сопротивления или ёмкости, образующие делитель напряжения, дифференцирующую или интегрирующую цепочку, следует располагать в одну линию, а все отводы — лесенкой.

---

[1]) Первый способ больше подходит для плакатов, так как индексы видны яснее.

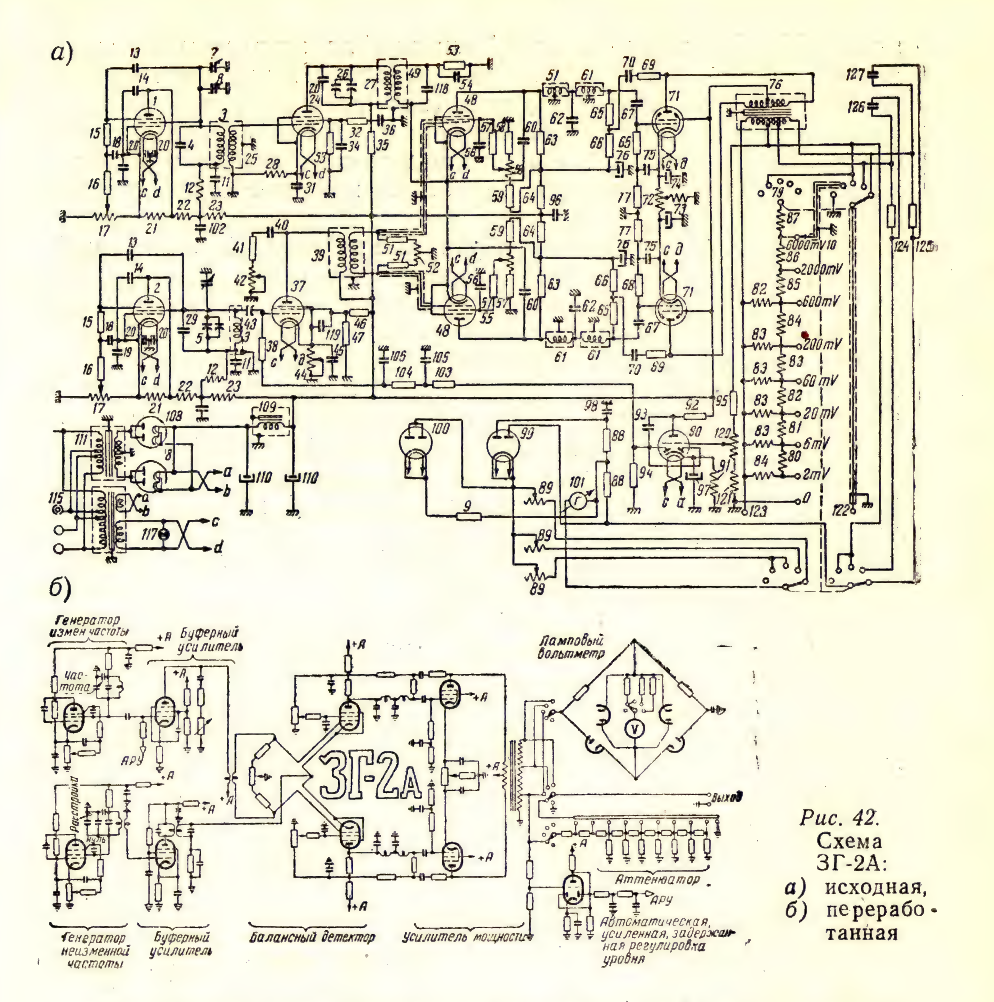


Рис. 42. Схема ЗГ-2А: *а)* исходная, *б)* переработанная

Если имеется переключатель, коммутирующий ряд однотипных элементарных схем, то последние нужно располагать так, чтобы детали одного назначения располагались одинаково и на одном уровне. Тогда, разобрав действие устройства при одном положении переключателя, можно легко понять, что получается при другом положении. Этот приём рекомендуется использовать во всех цепях однотипного назначения, например, цепях автоматического смещения ламп.

Как видно, все перечисленные советы направлены к тому, чтобы графическими приёмами обособить части схемы и придать этим частям определённую внешность, своего рода «лицо», с тем, чтобы они воспринимались как понятные единые узлы.

Примером применения разобранных принципов упрощения схем может служить рис. 42. На рис. 42*а* приведена схема гене-

ратора ЗГ-2А в том виде, какой она имеет в заводском описании, а на рис. 42 *б* — та же схема, но переделанная для демонстрации на лекциях. Одинаковые ступени (задающие, буферы) расположены один под другим, чем подчёркивается одинаковое их назначение. Мостовая схема в балансном детекторе отмечена расположением деталей по сторонам ромба. Это помогает понять, почему один канал высокой частоты не влияет на второй. Двухтактная схема выходной ступени подчёркнута графической симметрией. В ламповом вольтметре расположение элементов схемы облегчает усвоение принципа действия компенсационного диода. Делитель напряжения вычерчен так, что по действию одной ступени деления понятна работа всех остальных. Наконец, символическое обозначение цепей анодного питания, АРУ и заземления существенно упростило схему.

На рис. 43 приведён образец упрощённой учебной схемы осциллоскопа ЭО-4. Как видно, здесь опущены все цепи питания, развязки, упрощена коммутация и, несмотря на это, можно легко судить о назначении всех ламп, функциях всех рукояток, о последовательности прохождения исследуемых, синхронизирующих и развёртывающих напряжений.

В учебных схемах встречается необходимость выделить некоторый её участок. Для этого следует применять более толстые или ярко окрашенные линии, как показано на рис. 44*а*. Нужно заметить, что таким образом можно выделить две, максимум три разных цепи. Если разделяемых по сравнительной важности цепей оказывается больше трёх, то пользоваться этим методом нель-

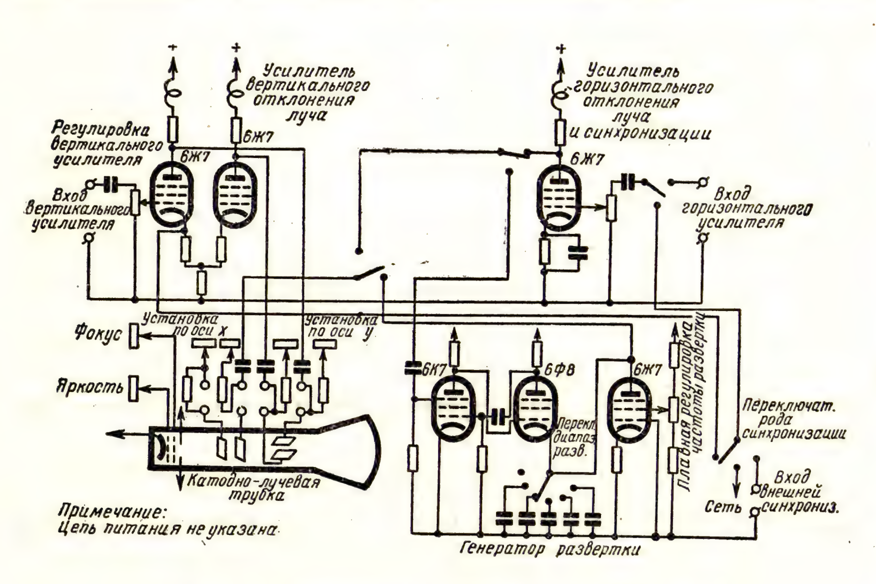


Рис. 43. Упрощённая схема осциллоскопа ЭО-4

зя. Применение большого количества разных цветов, пунктирной окраски и т. п. создаёт утомительно рябой и пёстрый вид листа и не способствует выделению цепей.

Вместо того, чтобы поднимать одну часть схемы, можно погасить или притушить всю остальную её часть. Для этого пользуются тушью, разведённой водой, или эту часть после обводки тушью штрихуют белилами, как показано на рис. 44*б, в*.

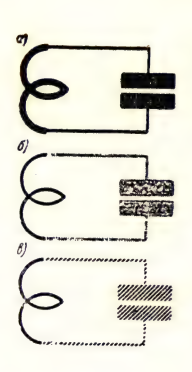


Рис. 44. Приёмы по выделению отдельных цепей на принципиальных схемах: *а)* толщиной линий, *б)* цветом линий, *в)* штриховкой белилами

Техника построения принципиальных схем не отличается от техники, применяемой в блок-схемах. У левого обреза черновика располагают входные зажимы источника. Схему чертят вправо, следя за тем, чтобы основная канализация сигнала или преобразуемого напряжения шла в горизонтальном направлении, по прямой. Дополнительные части схемы располагают выше или ниже основного её направления. Такими дополнительными частями в схеме приёмника могут явиться гетеродин, усилитель и детектор, АРЧ, схема оптического индикатора настройки и т. п. Когда схема вычерчена полностью, можно приступать к её переработке.

В сложных устройствах построение рационально начинать с блок-схемы, вычерченной на большом листе в крупном масштабе. Внутри каждого прямоугольника, изображающего блок, строят принципиальную схему этого блока, вычерчивая все межблочные соединения и детали. В результате получается первый вариант черновика, который в дальнейшем подвергается уже описанной переработке. В таких больших схемах удобно прорабатывать отдельные участки (обычно блоки) на небольших листах бумаги, комбинировать из них общую схему, а затем опять переделывать её поблочно.

Обычно каждая ступень схемы содержит лампу и принадлежащие ей детали. Поэтому, желая получить прямолинейное развитие канала, следует в первую очередь выравнивать в одну линию символы ламп по их управляющим сеткам.

В крупных и сложных принципиальных схемах часто отдельные участки обводят пунктирным контуром, выделяя таким образом части, представляющие по каким-либо соображениям единое целое.

В ряде случаев большую схему не удаётся разместить на одном листе и приходится изготовлять её на нескольких независимых плакатах. Для облегчения ориентировки каждый плакат, как географическую карту, покрывают координатной сеткой. Если линия, расположенная на одном плакате, должна идти к условному обозначению на другом, то на оборванном конце этой линии

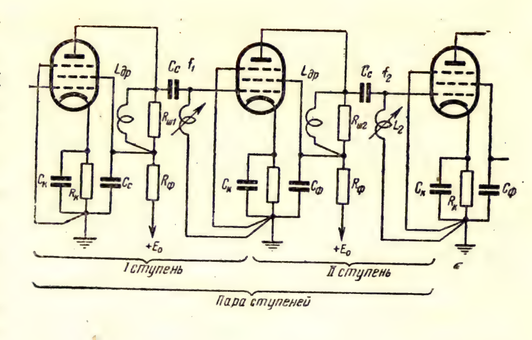
ставят пометку, указывающую, к чему она должна присоединяться и на какой плакат и в какое место она идёт. Например, пометка *—100 в (3Б7)* указывает, что данный проводник получает напряжение — 100 *в* со схемы, расположенной на третьем плакате в квадрате, втором по горизонтали (обозначен буквой *Б*) и седьмом сверху. Определение координат производится как на шахматной доске. К такой системе обозначений приходится особенно часто обращаться в производственных схемах передатчиков.

Нужно отметить, что принципиальные схемы передатчиков существенно отличаются от схем других устройств, особенно приёмников. Например, у передатчиков антенна является выходным устройством и поэтому на схеме располагается справа. Кроме того, в профессиональных передающих устройствах всегда имеется большое число многоламповых вспомогательных блоков, вследствие чего приходится развивать схему не только по горизонтали, но и по вертикали. Наличие системы защиты, блокировки, контроля и управления приводит к большому числу межблочных соединений, которые на схеме дают целые пучки параллельных соединительных линий. В схемах приёмников, где число таких линий незначительно, замена их стрелками со значками облегчает чтение. В передатчиках же такой приём часто создаёт путаницу. Так, в большинстве приёмников имеется всего один источник анодного напряжения и значок $+A$ ясно говорит, куда присоединяется данный провод. В передатчиках, как правило, имеется несколько источников. Часто один источник даёт несколько напряжений, и пометки становятся сложными. Для того чтобы в них разобраться, приходится тратить много времени. Поэтому в передатчиках прибегают к другому приёму: межблочные соединительные линии сводят в кабель и на обоих его концах выводы обозначают цифрами. Для того чтобы кабели не нарушали композиции схемы, их не следует заливать тушью или слишком густо штриховать, иначе они сильно выделяются над остальным фоном схемы и затемняют другие, гораздо более важные детали.

Вспомогательные схемы, в число которых входят схемы подмодулятора, модулятора, ограничителя и т. п., обычно располагают под основным трактом, в качестве которого считают тракт высокой частоты. В самом нижнем ряду располагают схемы источников питания, двигателей охлаждения, вентиляции, дистанционного управления. Цепи защиты, блокировки и автоматики можно выполнять более тонкими или цветными линиями, либо, если есть возможность, изобразить на отдельной схеме. При этом удобно пользоваться методикой построения схем, принятой в автоматике и разобранной на стр. 43.

Важную роль в усвоении схемы играют пояснительные надписи, значки и чертежи. Особенно тщательно требуется прорабатывать их в производственных принципиальных схемах. Для того чтобы не прибегать к утомительным справкам по спецификации, рационально электрические параметры деталей проставлять у са-

мих деталей. Проставленные буквы и цифры должны иметь достаточную для рассмотрения издали величину. Возле регулируемых элементов иногда рационально проставлять простые и наглядные значки, указывающие на то, каким инструментом осуществляется регулировка (ключ, отвёртка), куда выведены рукоятки этих деталей (на лицевую панель, внутри шасси), либо надписи, которыми эти регулировки снабжены в реальной аппаратуре.



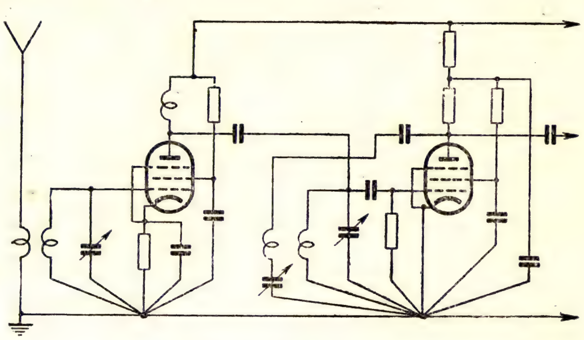


Рис. 45. Схемы укв устройств. Показаны точки схода заземляющих проводов

Пояснительные тексты, заглавия нужно согласовывать композиционно не только по месту расположения, но и по размерам. Заглавие листа должно быть выполнено крупными буквами, но заливать его тушью не следует.

Существенную помощь в разборе схемы оказывают различные мелкие разъясняющие или детализирующие чертежи, вроде цоколёвки ламп, схемы выводов на деталях и т. п. Этими чертежами удобно заполнять пустоты в верхней части листа.

В заключение этого параграфа необходимо сделать несколько замечаний относительно заземляющих проводов.

Заземляющие линии, которые идут обычно вниз, не следует делать длинными, так как это затрудняет чтение схемы. Лучше всего не подводить заземляющего провода, а помещать символы заземления непосредственно у заземляемых деталей. Сами символы заземлений в целях организации схемы рекомендуется располагать не хаотически, а на нескольких определённых уровнях. Исключение составляют схемы укв. В этих схемах заземляющие провода сводят в одну точку, изображающую реальный зажим или пайку в устройстве, причём линии, изображающие эти провода, ведут почти кратчайшим путём, что подчёркивает особенности выполнения и работы устройства (рис. 45).

§ 6. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЧЕРТЕЖИ И МОНТАЖНЫЕ СХЕМЫ

Конструктивные чертежи редко используют в качестве наглядных пособий. Наиболее часто приходится прибегать к ним при разборе устройств укв, где нередко принципиальная схема сводится к конструктивному чертежу (рис. 46).

Правила машиностроительного черчения, законы построения проекций остаются справедливыми и для радиотехнических конструкций, но при исполнении этих чертежей приходится пользоваться приёмами, характерными для демонстрационных плакатов.

Чертежи, предназначенные для демонстрации в аудитории, не являются документами, по которым надлежит вести изготовление, поэтому, как правило, нет необходимости проставлять на них размеры. Ряд конструктивных чертежей помещают в справочных плакатах, которые обычно развешивают в различных учебных кабинетах. В таких плакатах на конструктивном чертеже вместо цифровых размеров иногда проставляют буквенные обозначения, а в отдельной таблице дают размеры (рис. 47).

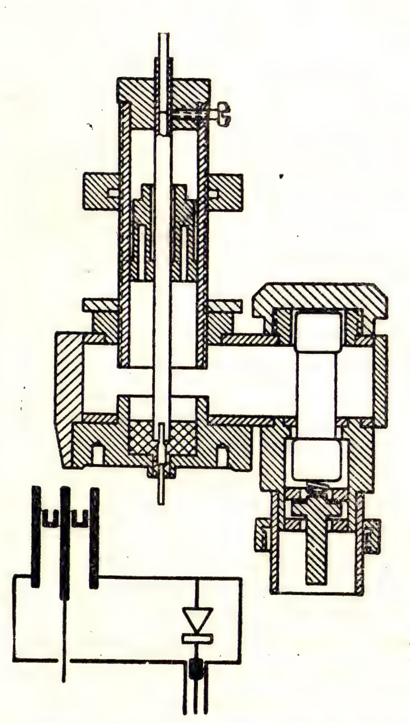


Рис. 46. Конструкция и электрическая схема узла приёмника 9-*см* диапазона

Широкое распространение получили чертежи, изображающие расположение деталей на шасси. В этих чертежах в большинстве случаев изображают всего одну проекцию, на которой без указания размеров, но при строгом соблюдении пропорций и масштаба, вычерчены контуры основных видимых деталей устройства. Если на таких чертежах указаны абсолютно

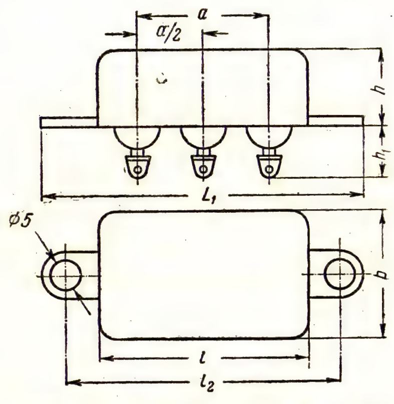
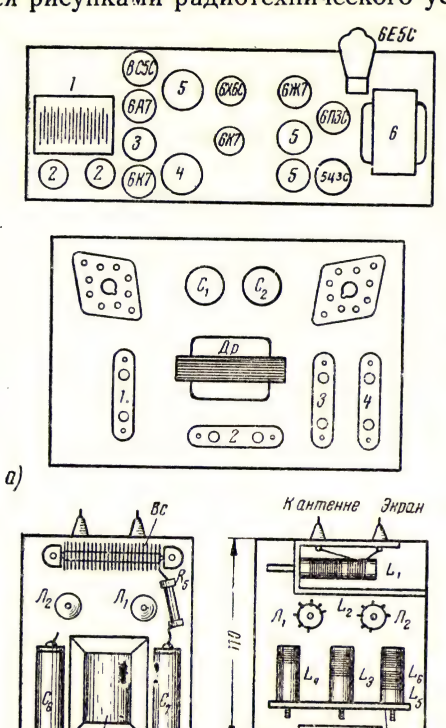


Рис. 47. Конденсаторы типа КСГ

все детали, входящие в электрическую схему и наблюдаемые на этой проекции, то их называют уже *монтажными* схемами.

Монтажные схемы самого подробного вида изображают не только детали, но и монтажные проводники и по сути уже являются рисунками радиотехнического устройства. Для увеличения чёткости в ряде случаев прибегают к наложению элементарных теней. Пример такой монтажной схемы приведён на рис. 48*а* и *б*. Монтажные схемы можно строить на основании производственных размеров шасси, размещая на чертеже пропорционально увеличенные контуры деталей. Однако значительно быстрее можно строить монтажные схемы на основании фотографии, снятой в соответствующем ракурсе с реального устройства (рис. 48*в*). Эта фотография позволяет определить расположение теней. К монтажной схеме обычно не предъявляют строгих требований в смысле высокой точности соблюдения пропорций, размеров и стандартных масштабов.



Особой категорией конструктивных чертежей являются так называемые диаграммы напряжений и диаграм-

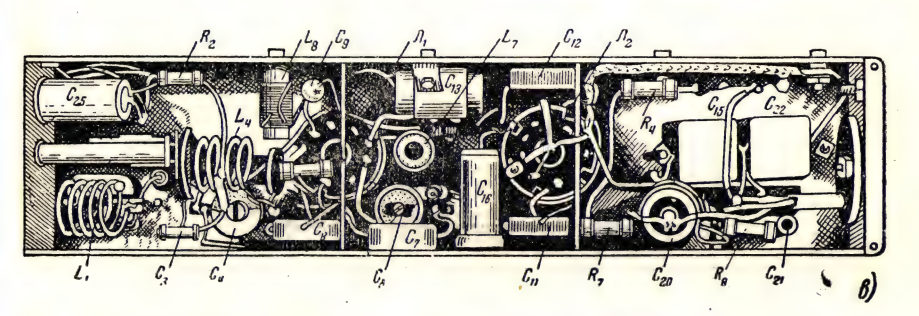


Рис. 48. Монтажные схемы различной степени подробности: *а*) размещение на шасси основных деталей, *б*) размещение всех деталей, *в*) подробная схема с указанием монтажных проводников

2П1П 2П1П

1Б1П

1А1П 1К1П 1К1П 1Б1П

а)

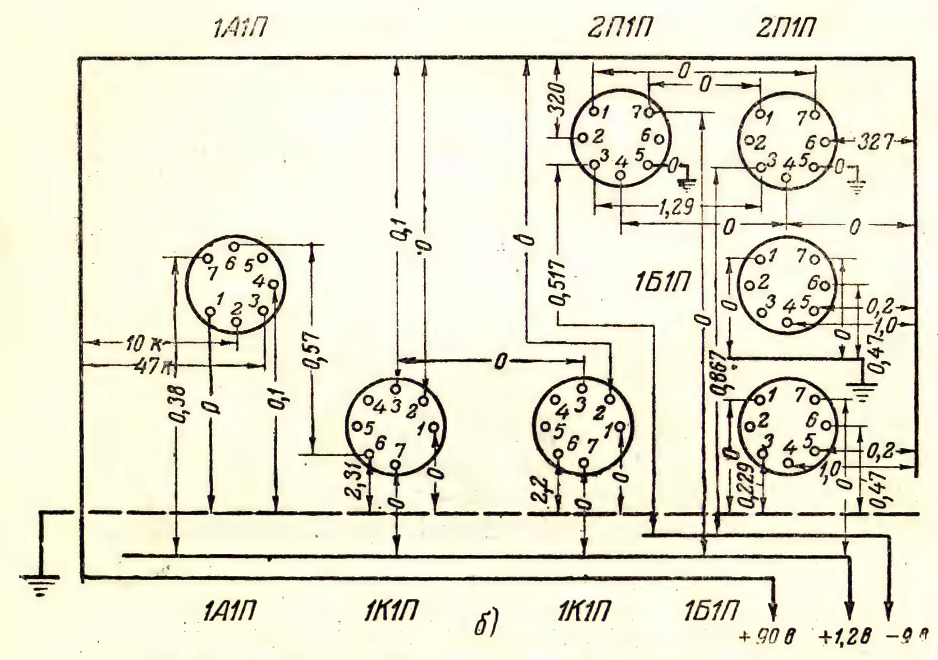


Рис. 49. **Диаграммы напряжений (*а*) и сопротивлений (*б*)**

мы сопротивлений. По сути это чертежи внешнего вида различных шасси, панелей, блоков, на которых проставлены величины напряжений или сопротивлений между различными точками устройства и шасси. С этой целью между каждой деталью, не соединённой с шасси, и краем шасси ставится стрелка, напоминающая размерную, и в её разрыве указывается величина напряжения или сопротивления. На рис. 49 представлен образец таких диаграмм. Нужно иметь в виду, что результаты измерений напряжений зависят от того, каким прибором произведены измерения. Поэтому на каждой такой диаграмме необходимо в примечании указать тип и предел измерений прибора, которым был произведён обмер.

Конструктивные чертежи иногда раскрашивают, стараясь этим отобразить границы отдельных деталей. Нужно для каждой детали подбирать цвет, хотя бы отдалённо дающий представление о материале детали. Краски должны быть неяркими, сильно разведёнными, чтобы не заглушить чертёж. Перед раскраской чистового чертежа нужно подобрать цвет и интенсивность красок на черновике-макете. Последний может быть грубой, весьма приближённой копией оригинала, взятой со значительным уменьшением. Главная задача такого черновика заключается в решении композиционных вопросов цвета.

§ 7. ГРАФИКИ И ДИАГРАММЫ

Графики и диаграммы широко применяются в качестве иллюстративного материала на лекциях и докладах, на различных экспозициях, служащих для технической пропаганды, а также используются для иллюстрации результатов разного рода экспериментов.

Для сравнения различных величин, для демонстрации изменения одной величины во времени применяют диаграммы. В простейшем виде это набор прямоугольников, высота которых пропорциональна ряду сравниваемых чисел, как показано на рис. 50*а*. Иногда на одном листе изображают изменение одновременно трёх величин (рис. 50*б*). Подобные диаграммы нетрудно строить, но они имеют скучный, непривлекательный вид. Внешность диаграммы очень оживляется, если прямоугольники заменить рисунками так, чтобы относительный размер рисунков соответствовал ряду чисел. Можно, например, заполнить рисунком, тематически совпадающим с содержанием диаграммы, либо фон диаграммы, либо прямоугольники относительных величин (рис. 50*в*). В последние годы всё чаще применяют диаграммы в виде ломаной линии, соединяющей точки, которые по высоте размещены соответственно ряду иллюстрируемых чисел (рис. 50*г*). Как правило, эти точки выполняют в виде незалитых кружков, возле которых размещают цифровые показатели. Реже применяют секторные диаграммы, представляющие собой круг, разбитый на секторы, величина которых соответствует количеству чисел. Отдельные секторы раскрашивают или штрихуют.

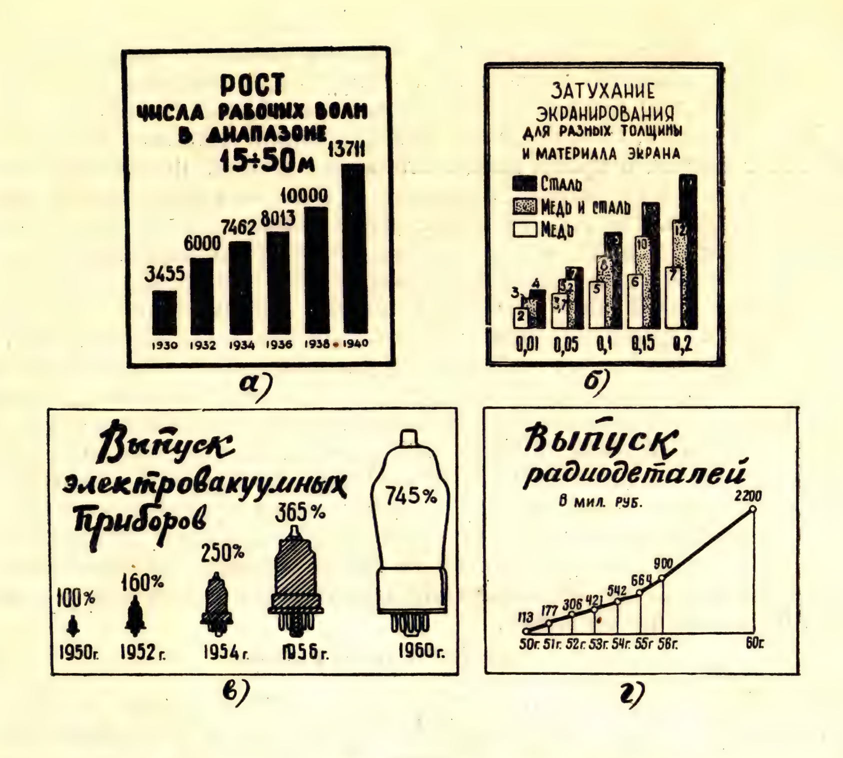


Рис. 50. Примеры оформления числовых диаграмм и детали украшения их:

а) простейшая диаграмма, *б)* диаграмма изменения одновременно трёх величин, *в)* диаграмма, на которой прямоугольники заменены рисунком, тематически совпадающим с содержанием, *г)* наиболее часто встречающийся вид диаграмм

Оформление таких диаграмм не требует специальной радиотехнической квалификации и может быть выполнено любым художником-декоратором. Обычно фон диаграммы окрашивают какимлибо блеклым тоном, а прямоугольники или рисунки — яркими тонами. Очень приятное впечатление производят белые прямоугольники на неярком красном, синем или голубом фоне. Для выставочных диаграмм часто используют выпуклые детали, выпиленные лобзиком из фанеры или отлитые из гипса. Такими деталями может явиться окантовка, прямоугольники, кружки, буквы и т. п. В зависимости от материала выпуклых деталей их можно окрашивать клеевой или масляной краской, оклеивать и обтягивать материей или применять непосредственно, используя декоративные особенности необработанной поверхности. Технику изготовления таких выпуклых диаграмм можно легко усвоить, если

внимательно просмотреть несколько выставок, оформленных профессиональными декораторами.

Гораздо бо́льшим распространением по сравнению с диаграммами, пользуются графики кривых в прямоугольных и полярных координатах, в линейном, полулогарифмическом и иных масштабах. В тех случаях, когда кривые строятся в полярных координатах, как правило, применяют линейный масштаб.

В большинстве плакатов, которые служат наглядными пособиями, более важным является продемонстрировать ход кривой, чем дать точные числовые соотношения. В связи с этим координатную сетку можно не наносить вовсе (рис. 51*а*) или она должна быть очень редкой, чтобы не затемнять хода кривой. Выбор масштаба величин, откладываемых по осям, является очень важным вопросом. При неудачном выборе кривая получается непоказательной и не подчёркивает тех особенностей, которые жела-

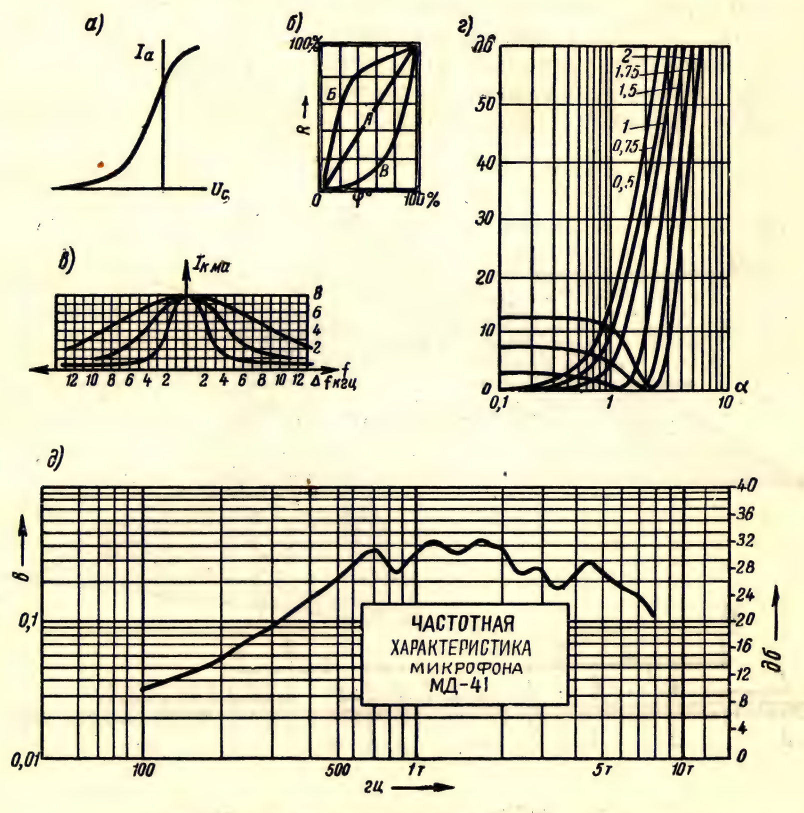


Рис. 51. Образцы исполнения графиков кривых:
а) график без сетки, *б)* укрупнённый масштаб оси ординат, *в)* мелкий масштаб оси ординат, *г)* полулогарифмический масштаб, *д)* логарифмический масштаб

тельно отметить. Например, если при прямоугольных координатах требуется подчеркнуть характерные перегибы кривой, то масштаб оси ординат нужно брать крупным (рис. 51*б*). Если же, наоборот, надлежит показать кривую, характеризующуюся равномерным ходом, малым отклонением от номинальной величины, то масштаб оси ординат следует брать мелким (рис. 51*в*). Вообще желательно так выбирать масштабы координатных осей, чтобы график оказался квадратным или имел бы пропорции стандартного чертёжного листа (отношение сторон 17 : 12 или 10 : 7).

Как известно, линейным называют такой масштаб, при котором по обеим осям откладывают равномерные деления, полулогарифмическим — при котором одна ось разделена на равномерные отрезки, а вторая по логарифмической шкале (рис. 51*г*) и, наконец, логарифмическим, при котором по обеим осям откладывают логарифмическую шкалу (рис. 51*д*).

После того, как выбраны размеры графика и осей, необходимо нанести на них деления, особенно если требуется строить координатную сетку. При разметке равномерных шкал обычно пользуются методами пропорционального деления отрезков. С этой целью на произвольно выбранном отрезке *OX* откладывают нужное число равных отрезков и крайнюю точку последнего из них соединяют

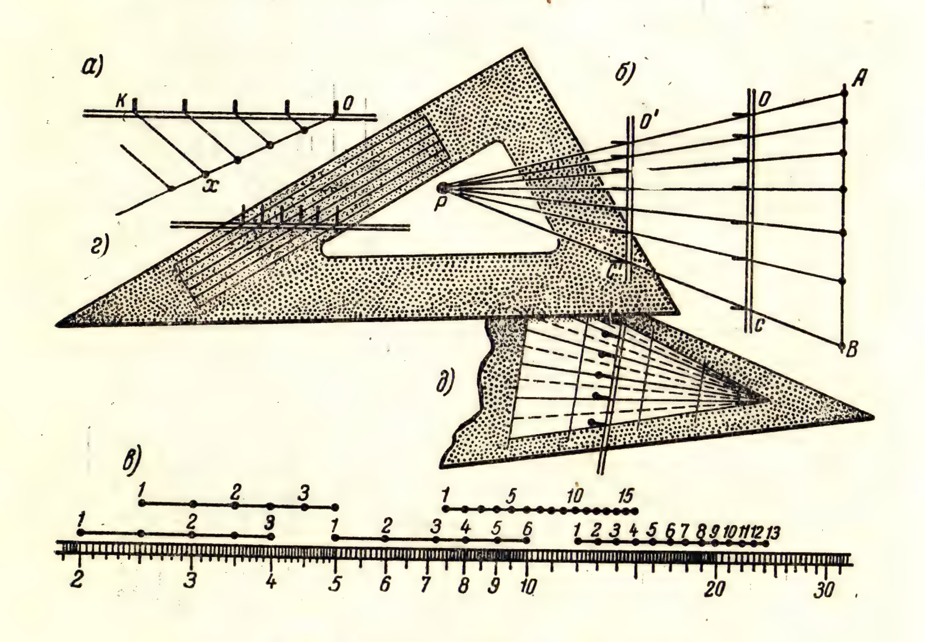


Рис. 52. Деление интервалов на отрезки:
а) метод сечения угла параллельными прямыми, *б*) метод проектирования из полюса, *в*) выбор участка на логарифмической шкале, *г*) метод *а* при применении транспаранта, *д*) метод *б* при применении транспаранта

с концом отрезка нужной длины оси *OK*. После этого посредством прямых, параллельных отрезку *XK*, переносят деления с *OX* на *OK* (рис. 52*а*). Логарифмическая шкала разбивается иным способом. Сначала параллельно оси *OC*, на которую надлежит нанести шкалу, размещают отрезок *AB*. На него с логарифмической (счётной) линейки переносят нужное число делений. Соединив затем точку *O* с точкой *A* и *C* с *B* и продолжив полученные прямые до их пересечения, получим полюс *P* (рис. 52*б*), из которого осуществляется проектирование делений отрезка *AB* на отрезок *OC*. Если длина шкалы должна быть небольшой, то можно прибегнуть к другому способу, который использует то обстоятельство, что всякую логарифмическую шкалу можно рассматривать как отрезок бесконечной шкалы. Если, как это сделано на рис. 52*в*, к логарифмической шкале (например, на счётной линейке) приложить определённый отрезок и передвигать его вдоль шкалы, то можно подобрать такое, положение, при котором на этом отрезке будет умещаться необходимое число делений.

При изготовлении большого количества кривых, когда требуется часто делить равные отрезки на неравное число частей или, наоборот, неравные отрезки на равное число частей, рационально заранее на кальке заготовить делительные сетки. Кальку с сеткой накладывают на ось, которую надлежит разделить, и поворачивают до тех пор, пока нужный отрезок оси не пересечёт требуемое число линий сетки, как показано на рис. 52*г*. Для получения логарифмической или иной неравномерной шкалы применяют сетку, показанную на рис. 52*д*. Эту сетку перемещают поступательно так, чтобы градуируемая ось всё время оставалась параллельной вертикальному обрезу сетки. Перенос делений с сетки производится прокалыванием иглой.

Построение сеток кривых в полярных координатах производят посредством циркуля, линейки и иногда транспортира; оно не представляет особых затруднений. Для того чтобы в центре графика не получить залитого тушью пятна, нужно некоторые из радиальных линий не доводить до центра.

В тех случаях, когда необходимо нанести на график координатную сетку, нужно заранее выбрать масштаб таким образом, чтобы интервалы между линиями сетки были достаточно большими; например, для кривой, занимающей лист *А1*, не менее 3÷5 *см*. Только такая крупная сетка даёт возможность отсчитывать величину отрезка с большого расстояния. Густоту сетки, компоновку всего графика и надписей необходимо прорабатывать на черновике, аналогично тому, как это было рекомендовано применительно к принципиальным схемам. Для того чтобы не тратить лишнего времени на построение кривой на черновике, намечают только точки её перелома, а кривую проводят от руки либо в виде ломаной.

Очень важным является правильный выбор обозначения осей, простановка на осях числовых пометок и размещение надпи-

сей. Если требуется показать только ход кривой и нет необходимости указывать числовые значения, то можно только отметить, какие переменные отложены по осям и в какую сторону растёт их величина. С этой целью у концов осей ставят буквенные обозначения переменных величин с указанием единиц измерения (как показано на рис. 51*д*), либо параллельно осям размещают надписи или буквенные обозначения переменных и стрелку в направлении роста переменной. На концах координатных осей при этом стрелок ставить не нужно. Такие графики иногда называют немыми. Немые графики допустимо применять только в том случае, когда пересечение осей лежит в начале координат. Если же хотя бы по одной оси величины отложены, начиная не с нуля, то на осях обязательно должны быть нанесены числовые значения. Немые графики, вычерченные в мелком масштабе, часто используют в качестве вспомогательных в схемах: ими указывают формы напряжений и токов в различных цепях. Построение всех немых графиков производят только в равномерном масштабе.

В тех случаях, когда график не имеет координатной сетки, числовые значения наносят слева от ординаты и под абсциссой, а на осях помечают достаточно заметные чёрточки делений (чёрточка должна выступать по обе стороны линии оси). Цифры должны быть крупными и расставлены настолько редко, чтобы их можно было без труда читать и безошибочно определять, к какому штриху они относятся.

При наличии координатной сетки оси заменяют рамкой, замыкающей график со всех сторон. В этом случае числовые значения можно размещать как вне, так и внутри рамки (рис. 51*г*). В последнем случае приходится соответствующие линии координатной сетки не доводить до рамки, чтобы оставить место для цифр.

Названия кривых, пояснительные тексты и другие надписи размещают на свободном поле чертежа с таким расчётом, чтобы уравновесить лист, т. е. обеспечить такое композиционное распределение пятен, чтобы лист казался заполненным равномерно по всей поверхности. В состав поясняющей надписи в ряде случаев включают простой чертёж, иллюстрирующий график. Название графика и пояснительный текст можно обвести рамкой. Особенно полезно это сделать на графике с координатной сеткой. В последнем случае рамка текста не должна совпадать с линиями координатной сетки. При этом она чётко выступает на фоне сетки, как бы приподнимается.

Наиболее сложными в изготовлении графиками являются номограммы. Они редко строятся неспециалистами — математиками. В учебных заведениях чаще всего приходится заниматься увеличением готовых номограмм. Производить это посредством сетки или эпидиаскопа не рекомендуется, поскольку эти приёмы дают погрешности, не допустимые в расчётных графиках. Поэтому увеличение номограмм производится кропотливым путём: посредством

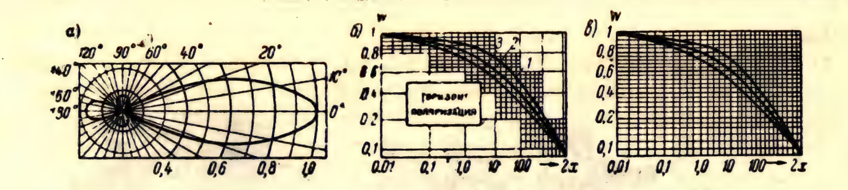


Рис. 53. Частичное заполнение чертежа координатной сеткой: *а)* на полярной диаграмме, *б)* на графике в прямоугольных координатах, *в)* график со сплошной координатной сеткой читается хуже предыдущего

циркуля-измерителя. Часто можно наблюдать, что отпечатанная типографским путём номограмма по техническим причинам оказывается искажённой: искривлены оси или деформированы отдельные размеры. Производить увеличение такой номограммы бессмысленно, так как расчёт по ней даёт сильные погрешности. В связи с этим рекомендуется прежде, чем производить увеличение номограммы, тщательно проверить её, проделав несколько контрольных расчётов.

При изготовлении диаграммы в полярных координатах нет необходимости помещать полностью всю координатную сетку, если кривая занимает только часть её поверхности, отдельный сектор (рис. 53*а*). Свободное поле сетки часто имеет смысл заполнять только теми линиями, которые соответствуют крупным делениям (рис. 53*б*). Благодаря этому внимание оказывается привлечённым к нужной части поля чертежа, а удобочитаемость графика намного возрастает, о чём можно судить, сравнивая рис. 53*б* и 53*в*.

§ 8. ИЛЛЮМИНИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Слово «иллюминация» имеет латинское происхождение и в буквальном переводе означает освещение. Раскраску и украшение чертежей называют иллюминированием потому, что эти приёмы превращают чертёж из серого, неяркого в чертёж, выделяющийся из окружающего фона.

Иллюминирование рассчитано на привлечение внимания людей, для которых само техническое содержание плаката может показаться малопонятным или малоинтересным. Методы иллюминирования часто используют при иллюстрировании статей в популярных технических журналах, в которых требуется, не затемняя основной сути чертежей, сделать их предельно понятными.

Один из приёмов иллюминирования заключается в том, что технический чертёж дополняется фотографиями, рисунками, карикатурами, которые в популярной форме разъясняют отдельные места плаката (рис. 54). Для того чтобы эти рисунки не затемняли

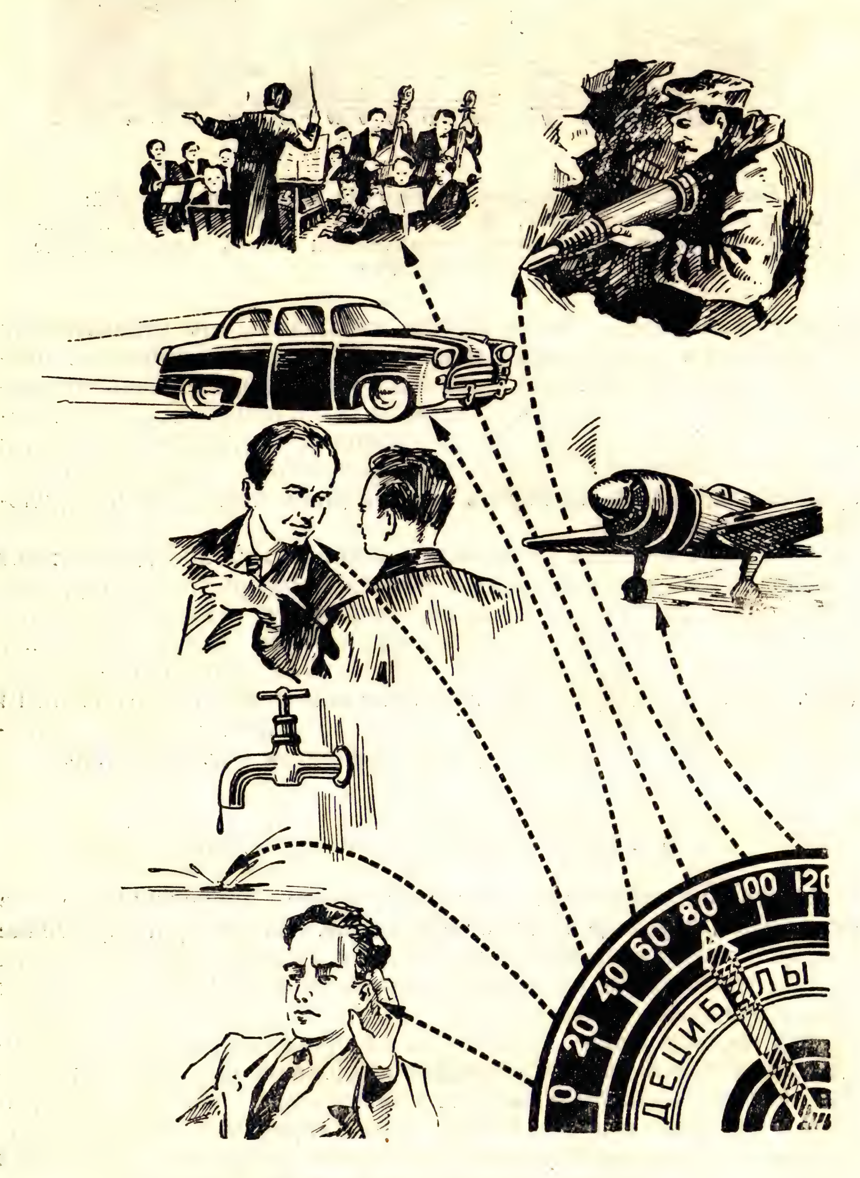
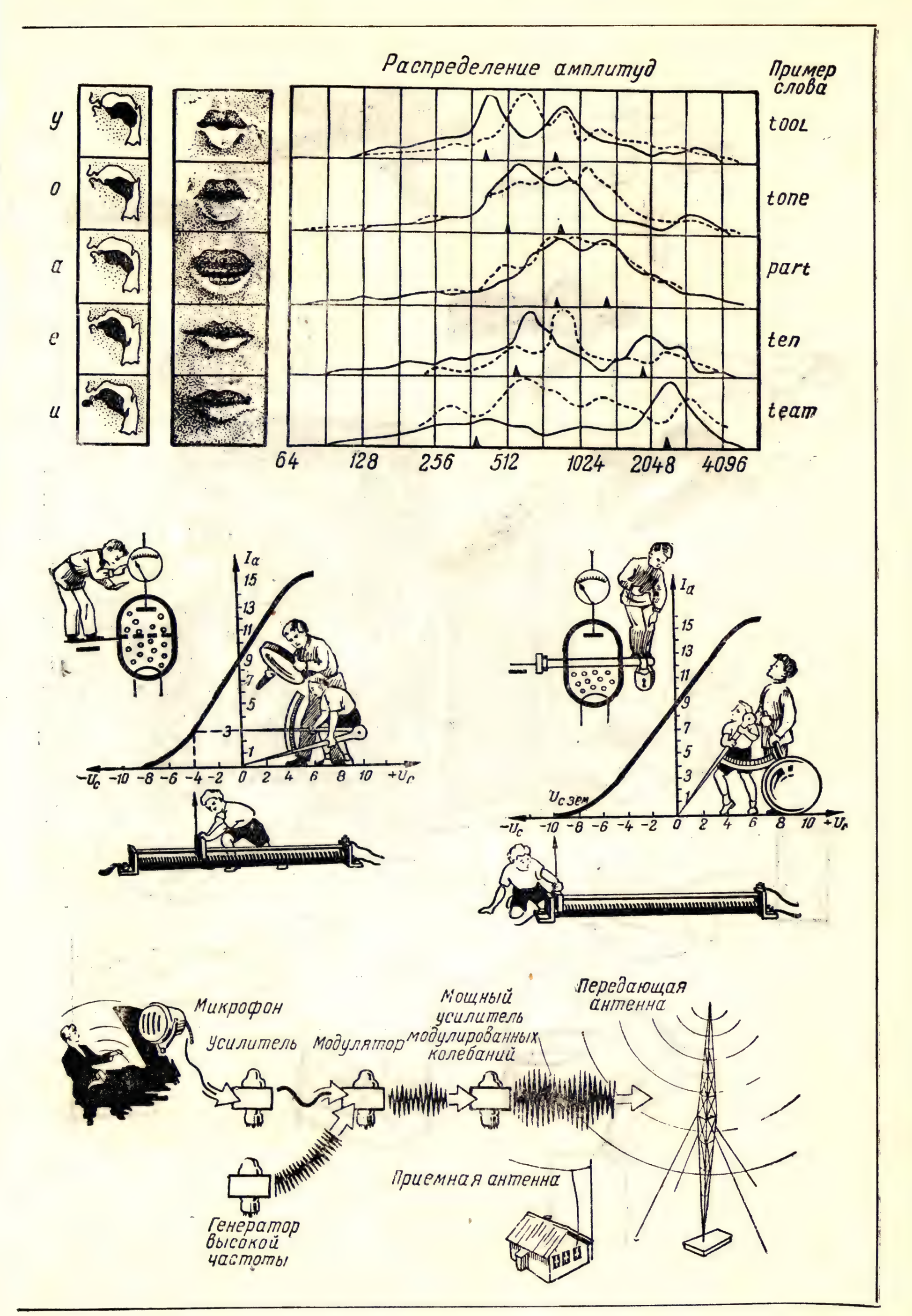


Рис. 54. Иллюминированные плакаты



Распределение амплитуд
Пример слова
у
о
а
е
и
tool
tone
part
ten
team
64
128
256
512
1024
2048
4096
I_a
$-U_c$ −10 −8 −6 −4 −2 0 2 4 6 8 10 $+U_c$
$U_{c\,зем}$
Микрофон
Усилитель
Модулятор
Мощный усилитель модулированных колебаний
Передающая антенна
Приемная антенна
Генератор высокой частоты



Рис. 55. **Фигурки для иллюминирования**

чертежа, их размещают за его пределами. С этой целью вокруг чертежа создают широкую цветную рамку, на которой располагают иллюминирующие изображения, а сами изображения соединяют с нужными местами чертежа стрелками, лучше всего толстыми, незакрашенными. Такие же стрелы можно применять для того, чтобы указывать, куда относятся пояснительные тексты.

В наиболее популярных плакатах, особенно рассчитанных на юношескую аудиторию, стрелки можно заменить стилизованными рисунками человечков, указывающих рукой или указкой на нужное место чертежа (рис. 55). Приведённые здесь примеры могут быть пополнены при просмотре популярных технических журналов, в которых иллюминированием занимаются опытные художники.

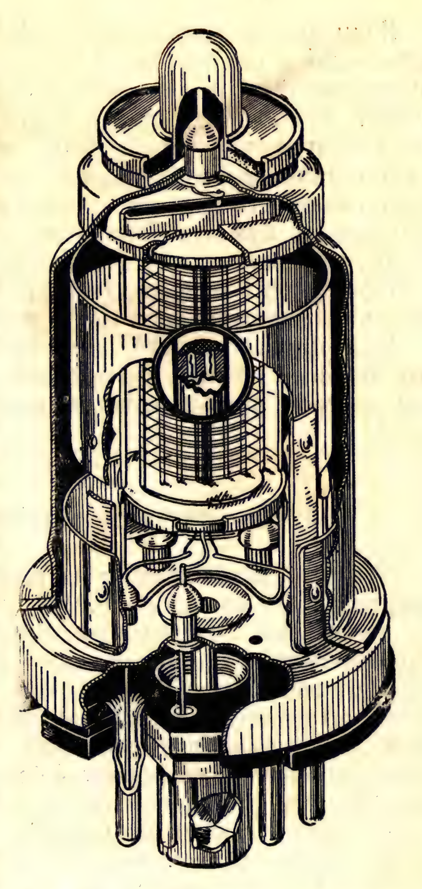


Рис. 56. Методы показа отдельных деталей в увеличенном виде

При изготовлении некоторых чертежей бывает необходимо наряду с общим видом показать подробно одну из деталей. Эту задачу можно решить двумя способами. Рядом с общим видом изобразить увеличенный узел и связать его с нужным местом основного чертежа сноской. Можно также в месте узла, подлежащего выделению, поместить в окружности увеличенное изображение (рис. 56). Первый способ позволяет дать увеличение нескольких частей чертежа, тогда как второй — только одного. Решать, какой из них является более рациональным, приходится, сообразуясь с конкретными обстоятельствами.

Работу некоторых деталей трудно понять, если рассматривать их изолированно от всего остального сооружения или хотя бы его части. Но изображение на плакате всего устройства маскирует мелкую, но важную по смыслу деталь. Возникает задача *притушить* изображение ненужных частей плаката и этим выделить интересующую деталь, т. е. как бы осветить её на сером изображении.

Если плакат изготовляется фотографическим способом, то печать ведут в два приёма. Сначала печатают всё изображение с недодержкой, а затем, закрыв все ненужные части непрозрачной маской, продолжают печатать. После проявления отпечатка нужная деталь получится с хорошо проработанными чёрными тонами, а всё остальное изображение — бледным, недопечатанным. Маску нужно вырезать заранее, обведя соответствующие контуры на листе плотной бумаги. Такого же эффекта можно добиться и иным путём, если изготовить два одинаковых отпечатка, один блеклый, а второй яркий и, вырезав из второго нужный участок, наклеить его на соответствующее место первого отпечатка.

Если плакат представляет собой гравюру или рисунок, то части его, которые должны быть более бледными, исполняют разведённой краской, тушью или штрихуют соответствующие места белилами.

§ 9. ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА НА КЛАССНОЙ ДОСКЕ

Чертежи, исполняемые на классной доске в ходе чтения лекции, являются самыми гибкими, ходкими и доступными наглядными пособиями. Эти чертежи, представляя отдельные понятия в геометрической форме, иллюстрируют теоретические выводы и создают основную базу для них.

«Я из своего педагогического опыта знаю, — писал отец русской авиации и замечательный педагог Н. Е. Жуковский,— как часто запоминаются формулы без усвоения стоящих за ними образов... В этом отношении геометрическое толкование, предпочтение геометрического доказательства аналитическому, всегда приносит пользу. Раз усвоенные геометрические образы, рисующие картину рассматриваемого явления, надолго западают в голову и живут в воображении изучающего.» [Л34]. Эти слова подтверждаются тем известным фактом, что очень многие учащиеся вспоминают материал именно с чертежа, с геометрического образа. Этому способствует хорошо развитая зрительная память. Её удаётся использовать полностью только тогда, когда чертежи, выполняемые на доске, тщательно продуманы и подготовлены. Эти чертежи служат не только иллюстрацией в конспекте, но зачастую составляют его основу и заменяют текстовую часть. Возможность изменения, развития и преобразования в соответствии с ходом рассуждений чертежей на доске является весьма важной особенностью. Такую динамичность трудно, а порой и невозможно получить в других видах пособий.

Качество лекции в значительной степени зависит от того, как хорошо выполнен графический материал на классной доске. Поэтому, готовясь к чтению какого-либо курса или отдельной лекции, нужно разрабатывать не только содержание излагаемого материала, но и графическое его оформление. К сожалению, встреча-

ются ещё преподаватели, которые не уделяют должного внимания вопросам графики. В оправдание они часто ссылаются на отсутствие способностей к рисованию. Однако опыт работы лучших преподавателей учит, что при сознательной и добросовестной подготовке графической части лекции, хороший, понятный, легко усвояемый и запоминаемый чертёж может дать каждый преподаватель, какими бы способностями он ни обладал.

Совершенно очевидно, что чертежи, исполняемые на доске, нужно подготавливать заранее и составлять конспект по ним. Они должны быть разработаны во всех подробностях как с точки зрения пропорций, так и с точки зрения начертания деталей, надписей, обозначений и т. п.

Чертежи и рисунки на доске во многом отличаются от всех иных. Прежде всего, графические изображения на доске должны быть предельно простыми, вычерчиваться быстро и без исправлений. Когда преподаватель чертит, почти полностью исключается чтение лекции, и учащиеся переносят чертёж в конспекты. Нужно, кроме того, учитывать, что при перечерчивании сложного чертежа учащиеся больше ошибаются, и это тоже заставляет обходиться возможно более простыми чертежами.

Необходимо давать на доске только те узлы конструкции или участки схем, которые относятся непосредственно к рассматриваемому вопросу, и отбрасывать всё второстепенное, что усложняет чертёж. Если изображают какую-либо конструкцию, то чертёж должен отражать основную идею, а не повторять натуру, сложность которой весьма часто затемняет её. Так, например, если требуется пояснить принцип работы планетарно-фрикционного верньера для настройки приёмника, то из трёх вариантов чертежа, представленных на рис. 57, следует предпочесть последний, который по существу представляет собой кинематическую схему.

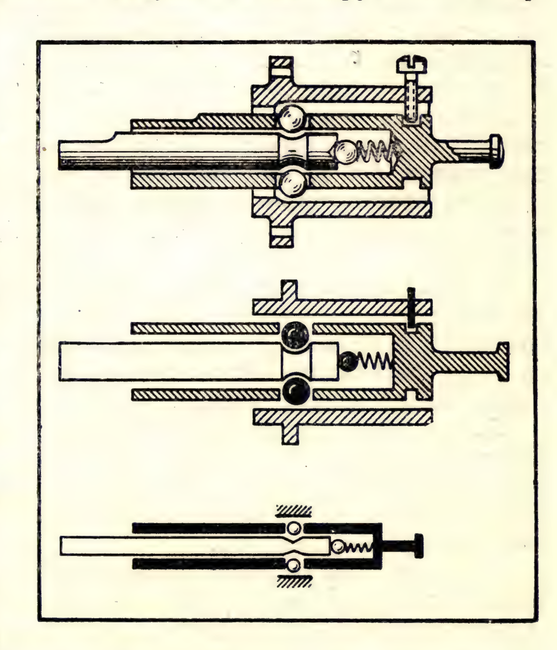


Рис. 57. Пояснение работы редуктора

В тех случаях, когда требуется разъяснить сложную схему желательно, чтобы вместо одного сложного и универсального чертежа была применена серия

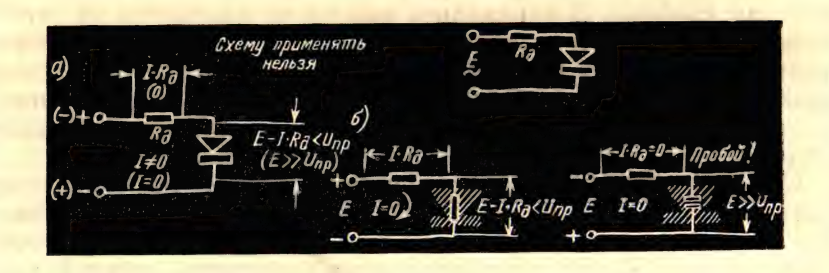


Рис. 58. Замена одного чертежа тремя:
а) один сплошной чертёж, *б)* три поэтапных чертежа

простых чертежей. Например, поясняя, почему в купроксных вольтметрах с одним вентилем нельзя применять добавочное сопротивление, лучше использовать три чертежа рис. 58*б*, чем один рис. 58*а*.

В конструктивных чертежах следует по возможности применять только одну ортогональную проекцию, которая давала бы исчерпывающее представление о всей детали. Иногда самый скромный графический приём, например, нанесение оси на цилиндрическую деталь, нанесение простейшей тени в форме утолщения одной из линий, позволяет дать рельефное представление о форме детали в пространстве. Приводить более двух ортогональных проекций для одной детали следует только в особых случаях. Если же возникает необходимость уточнить форму, лучше воспользоваться перспективным чертежом; при этом предпочтение следует отдавать диметрической проекции, как более простой в начертании. На перспективный чертёж также полезно наносить тени, способствующие лучшему восприятию формы. Такие тени можно отрабатывать грубой штриховкой, требующей минимальной затраты времени.

В целях пояснения чертежа в ортогональных проекциях, иногда бывает полезно привести также и перспективный чертёж. Существенную помощь учащимся оказывают пояснительные надписи вроде *Вид сверху, Вид с торца* и т. п., особенно, если приводится только одна проекция.

Если имеется необходимость, то на чертеже делают сноски. Однако в отличие от обычных чертежей, на которых сноски снабжают цифрами, а смысл последних раскрывают в спецификации, в чертежах на доске рационально помещать лаконичные надписи непосредственно у сносок.

Чертежи схем на доске должны в большинстве случаев давать только узел устройства, связанный с поясняемым материалом. Нужно учитывать, что вычерчивание полной схемы требует большего времени, чем вычерчивание её по частям, так как в полной схеме уходит дополнительное время на установление правильных

соотношений и соединений большого количества деталей. Каким бы малым ни был участок схемы, начертание его необходимо проработать самым тщательным образом, в соответствии с методическими соображениями, изложенными выше. Для удобства ориентировки учащихся все линии схемы, которые приходится обрывать, снабжают стрелками с надписями, поясняющими, куда в дальнейшем эти линии идут, например, *На анод УПЧ, К сетке модулятора, — 3,5 в, От возбудителя* и т. п.

Весьма важным является вопрос о размерах чертежа на доске. Малый чертёж не обеспечивает хорошей видимости, крупный трудно построить правильно. Нужно также принять во внимание, что в результате длительной практики у учащихся вырабатывается чувство масштаба, благодаря которому они совершенно автоматически делают чертёж в конспекте всегда в определённом уменьшении относительно изображения на доске. Обычно масштаб уменьшения определяется равенством телесных углов, под которыми просматриваются изображения на доске и в тетради. В зависимости от размеров аудитории, по наблюдениям автора, он может колебаться от 10 : 1 до 18 : 1. Мелкий чертёж не даёт возможности удобно проставить размеры, сделать чёткие сноски, поскольку в конспектах чертёж получается маленьким. Излишне крупный чертёж переносится в конспекты таким же ненужно большим и вызывает напрасный расход бумаги.

Если в ходе лекции предполагается изменять чертёж и вначале он имеет не тот вид, который надлежит занести в конспекты, нужно предупредить об этом учащихся и рекомендовать подождать с перечерчиванием. Иногда бывает полезно указать, с какой стороны чертежа нужно оставить запас свободного места для дальнейших дополнений. К таким предупреждениям, однако, нужно прибегать возможно реже.

В целях экономии времени некоторые преподаватели прибегают к демонстрации заранее подготовленных плакатов, содержание которых учащиеся не успевают зарисовать ввиду краткости экспозиции. В результате в конспекте у учащихся не остаётся заметок о виденном, и содержание таких иллюстраций забывается. Закрепить этот материал можно следующим образом. Если плакат повторяет иллюстрацию в учебнике, то следует указать название учебника и номер рисунка. Если нет возможности сослаться на такой рисунок, то необходимо на доске изобразить самое главное из плаката. Точно таким же образом нужно дать чертёж аппаратуры, участвующей в демонстрационном эксперименте; этот чертёж служит памяткой, чрезвычайно полезной при повторении и запоминании материала лекции. Его нужно составить так, чтобы детали, легко запоминаемые, были изображены в самом условном виде, а сложные и забывающиеся — подробно, с пояснительными надписями.

Черчение на доске требует наличия ряда навыков. Для их приобретения следует систематически упражняться, занимаясь чис-

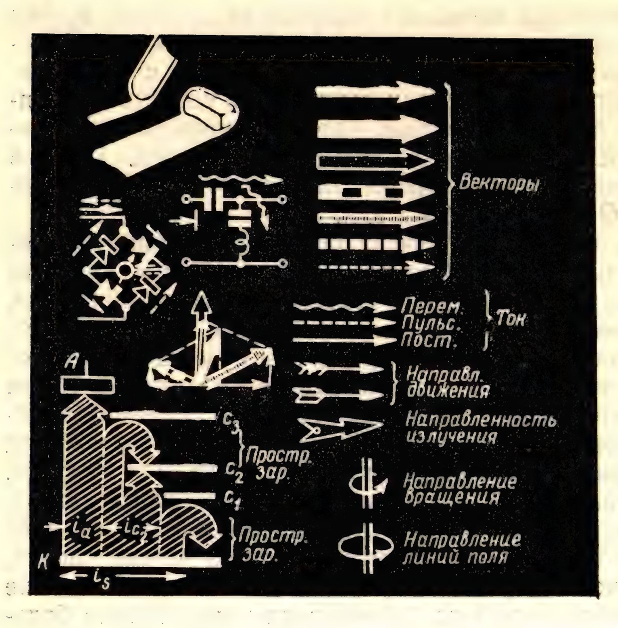


Рис. 59. Иллюминирование чертежей на доске

т о п и с а н и е м и е р ч е н и е м на доске. Прежде всего нужно добиться, чтобы прямая линия получалась действительно прямой при проведении её в разных направлениях. Это можно получить, если смотреть не на свою руку, ведущую линию, а на точку, через которую эта линия должна пройти. Нужно добиваться, чтобы все вертикальные и горизонтальные линии были параллельны соответствующим сторонам доски.

Правильные дуги и окружности получают плавным движением руки, скреплённой, в зависимости от необходимой величины радиуса, в кисти, локте или плече. Чертежи, в которых содержатся крупные окружности, следует начинать именно с окружностей.

Во время черчения на доске нужно избегать пользоваться чертёжными инструментами, и учащихся следует приучать чертить правильно и аккуратно о т р у к и. Вообще, манера исполнения чертежей, аккуратность их, элементы новизны в изображении имеют огромное воспитательное значение при подготовке специалистов. Поэтому преподаватель должен непрерывно контролировать свою работу на доске. С этой целью время от времени, особенно после того, как на доске сделан какой-либо сложный чертёж (или математичнский вывод), необходимо отходить от доски и смотреть на неё издали, с задних рядов аудитории. Отсюда хорошо заметны все ошибки и промахи.

Если чтение лекций происходит всегда в одном помещении, то необходимо хорошо изучить распределение бликов на доске. На тех местах, где доска отсвечивает, чертить и писать, по возможности, не следует. Лучше всего изменить условия освещения доски и устранить такие блики.

Очень важно научиться использовать всю поверхность доски, заполняя её систематически, двигаясь слева направо или сверху вниз. Важность этого больше всего сказывается в коротких ши-

роких аудиториях, где учащиеся, сидящие спереди сбоку, видят хорошо только одну половину доски. Для того чтобы не затруднять слишком одну группу за счёт другой, следует важные чертежи и формулы писать поочерёдно на правой и левой сторонах доски.

В черчении на доске следует прибегать к иллюминированию, однако пользуются этим очень редко, так как цветные мелки относительно дороги, а учащиеся, как правило, пользуются одноцветными чернилами и поэтому не могут воспроизвести чертёж в цвете. Следовательно, при работе мелом варьировать цвет обычно не приходится. Отмечать разницу в линиях, варьируя толщину, можно тоже с очень небольшим диапазоном градаций: две, максимум три толщины. Для построения различных векторных диаграмм, для указания направления движения и т. п. применяют различного вида стрелки и наконечники стрелок, как показано на рис. 59, на котором приведено также несколько примеров использования разных стрелок в чертежах на доске.

§ 10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЧЕРТЕЖЕЙ

На изготовление чертежей затрачивают много времени, средств и труда и поэтому следует сохранять такое наглядное пособие возможно дольше. Загрязнение плакатов отрицательно сказывается на воспитании культуры учащихся, а сильный износ и загрязнение — значительно снижают видимость. Поэтому приходится принимать ряд мер по обеспечению сохранности изготовленных чертежей. Эти меры идут по двум направлениям: защита от механических повреждений (надрывы краёв, переломы и перегибы бумаги, скалывание слоя туши и краски и т. п.) и защита от загрязнения.

В каждом учебном заведении должно быть предусмотрено специально оборудованное место для хранения наглядных пособий и плакатов. Желательно все плакаты изготовлять одного типа (конструкции). В этом случае в аудиториях можно заранее сделать приспособления для их вывешивания, что исключает необходимость наспех заколачивать гвозди, прикалывать плакаты кнопками и прочее.

Повреждения плакатов чаще всего имеют характер надрывов бумаги по периферии, истрёпывания углов, протирания бумаги по линиям складывания. Простейшей мерой борьбы с этими повреждениями является увеличение прочности плаката, главным образом по периферии, путём подклеивания марли или широкого бинта. Подклеивание лучше всего производить крахмальным клейстером, в который во время варки добавлено несколько капель формалина (яд!). При наклеивании марли лист плаката укладывают лицевой стороной на чертёжную доску, прикрепляют его кнопками, смазывают клеем и накладывают марлю (рис. 60*а, б*). Во время высыхания клея лист не коробится. Полезно лист плаката не

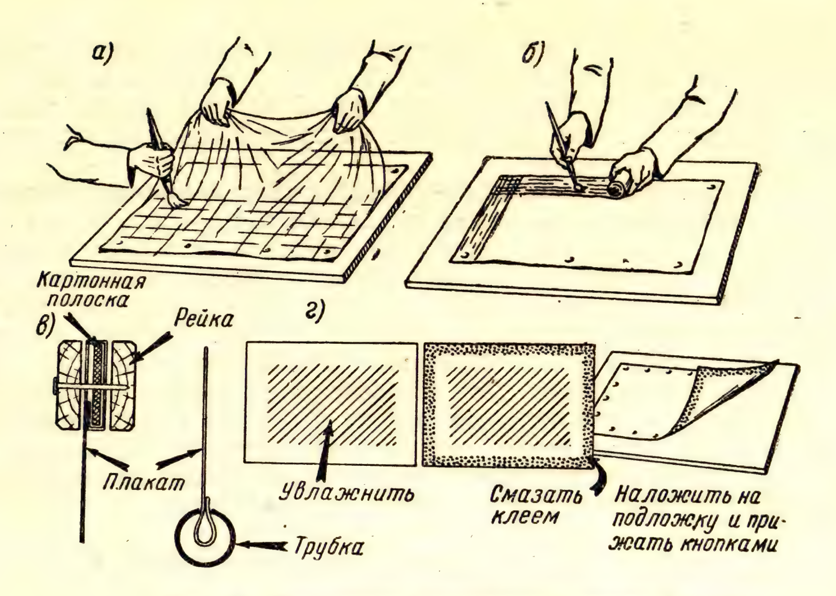


Рис. 60. Обеспечение долговечности чертежей:
а) наклейка на марлю, *б)* подклейка края бинтом, *в)* заделка в рейки, *г)* приёмы наклейки на картон и фанеру

обрезать до подклейки, а срезать всё лишнее после того, как марля приклеена.

Для того чтобы плакат было удобно переносить и подвешивать, его снабжают по верхнему и нижнему обрезам лёгкими рейками. К верхней рейке прикрепляют кусок шпагата для подвешивания, а нижняя рейка служит балластом, оттягивающим нижний край листа, поэтому её берут несколько более массивной, чем верхнюю. Рейки должны быть узкими, не более двух сантиметров шириной, но достаточно прочными. Их следует вырезать вдоль слоя из доски без сучков. Очень удобно эти рейки делать из дюралюминиевой трубки диаметром от 1 до 1,5 *см.* В такой трубке по образующей делают фрезой узкую прорезь и, разжав последнюю, вводят в неё край листа. Лист прочно захватывается сведёнными краями разреза (рис. 60*в*). Нужно иметь в виду, что рейки в композиционном отношении представляют собой две жирных черты и их необходимо учитывать при компоновке листа. Как правило, при наличии реек на листе не делают рамки.

Плакаты, снабжённые рейками, не рекомендуется свёртывать. От этого они быстро изнашиваются и покрываются трещинами. Лучше всего их подвешивать на специальном кронштейне, лицевой стороной к стене. Для удобства на оборотной стороне, у места закрепления шпагата, ставят крупный порядковый номер, позволяющий, после сверки по каталогу, быстро найти нужный плакат.

Если размеры плаката не превышают *A1*, то его можно наклеить на кусок картона или фанеры. При этом клеем смазывают края чертежа, а середину увлажняют тампоном с водой. После высыхания лист «садится» и туго натягивается (рис. 60*г*). Хранить такие плакаты можно в вертикальном положении в специальном ящике. В этом случае номер по каталогу ставят в правом или левом углу на обороте. Для шпагата, на который плакат подвешивается, в верхней части прокалывают два отверстия, упрочняют их картонными шайбами или пистонами.

И картон, и фанера со временем коробятся, что представляет известное неудобство. Поэтому лучше наклеивать плакаты на подрамник, затянутый фанерой. Его делают лёгким из реек сечением примерно 1,5×3 *см* и, если необходимо, с одной или двумя поперечинами. Подрамник хорошо обвести штапиком — фигурной лакированной или окрашенной рейкой. Сечение штапика полезно выбрать таким, чтобы он прихватывал плакат снаружи. Плакат, наклеенный на подрамник, обладает уже значительным весом и подвешивать его следует на ушках, которые должны быть прикреплены на равных расстояниях, чтобы можно было пользоваться одними и теми же крючками или гвоздями для вывешивания всех плакатов.

В аудиториях, где приходится демонстрировать плакаты, необходимо заранее подобрать и оборудовать место для их вывешивания. Оно должно быть выбрано с таким расчётом, чтобы было обеспечено хорошее освещение и видимость плаката и так, чтобы он не заслонял рабочее поле классной доски. Очень удобно оборудовать это место подвеса универсальным шариковым или роликовым зажимом.

Для предохранения плакатов от загрязнения поверхность их следует покрыть каким-либо прозрачным веществом, которое даст возможность мыть плакат периодически тёплой водой. Такое прозрачное покрытие представляет собой слой тонкого целлулоида или целлофана. Однако эти материалы имеют излишне гладкую поверхность, вследствие чего на плакате появляются блики. Более рационально посредством пульверизатора покрыть плакат тонким слоем нитро- или цапонлака. Лак укладывается неровным, бугристым слоем, который, не ухудшая видимости изображения, не даёт таких сильных бликов, как листовые прозрачные материалы. В качестве защитного покрытия можно также использовать светлый бакелитовый лак или лак следующего состава.

Амил уксусный	100 *см*³
Ацетон	50 *см*³
Бензол	100 *см*³
Целлулоид (мелкие обрезки плёнки)	5 *г*

ГЛАВА II

УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМИ ТРУБКАМИ

§ 11. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ТРУБОК

Несмотря на то, что электронно-лучевая трубка была изобретена в конце прошлого века, массовое практическое применение она получила сравнительно недавно — в начале 30-х годов. До этого её использовали только для физических экспериментов, несколько позже — в измерительной технике. Особо интенсивная разработка электронно-лучевых трубок началась в связи с развитием телевидения и особенно радиолокации. В последнее время трубки стали применять для многих целей. Теперь нет, пожалуй, ни одной отрасли технических исследований, в которой они не находили бы широкого применения.

Электронно-лучевые трубки начинают повсеместно использовать в различных демонстрациях, сопровождающих лекции, доклады и лабораторные занятия. Электронно-лучевой осциллоскоп [1]) становится самым популярным наглядным пособием, так как показ на экране намного облегчает усвоение сложного материала.

Прежде чем разбирать основы различных демонстрационных приборов, необходимо подчеркнуть, что трубка даёт возможность получать только плоское или, иначе, двухмерное изображение. Правда, усложняя установку, можно получить на экране несколько кривых. Однако трудности разработки и изготовления таких сложных установок, а главное, трудность анализа полученного изображения в большинстве случаев заставляют ограничиваться наблюдением только одной кривой.

[1]) В современной литературе осциллоскоп, т. е. прибор для *наблюдения* колебаний, иногда неправильно называют осциллографом, т. е. прибором для *записи* колебаний.

Другим обстоятельством является то, что в трубке используется послесвечение экрана, причём происходящее при этом накопление световой энергии зависит от состава люминофора.

Таким образом, подготавливая демонстрацию, нужно в первую очередь выбрать две наиболее существенных, основных переменных, связь между которыми надлежит показать, и, во вторую очередь, подобрать трубку, обладающую необходимой длительностью послесвечения. На практике, однако, возможности выбора трубок ограничены, особенно если используется осциллоскоп фабричного изготовления. Поэтому приходится выбирать не длительность послесвечения, а скорость движения луча и, в связи с этим, соответствующую скорость протекания исследуемых процессов.

Существенную роль играет размер и яркость полученного изображения, т. е. видимость кривых. Поэтому желательно использовать трубки с большим экраном и ярким свечением, особенно если демонстрация проводится в большой аудитории.

Ассортимент электронно-лучевых трубок, выпускаемых в настоящее время, достаточно разнообразен. Большинство трубок имеет один электронный луч. Гораздо реже встречаются двухлучевые трубки.

Для отклонения луча, как известно, используют как электростатические, так и магнитные системы. Первые более экономичны, но дают некоторую расфокусировку на краях экрана. Вторые дают более чёткое изображение, но требуют для управления гораздо большую мощность. Кроме того, в магнитной системе отклонения необходимо компенсировать индуктивность отклоняющих катушек, что связано с некоторыми затруднениями, если встречается необходимость изменять скорость развёртки. Так как в демонстрационных установках к фокусировке луча не предъявляют особо строгих требований и, кроме того, электростатическая система отклонения позволяет обходиться более простыми и маломощными генераторами развёртки, то в большинстве случаев применяют трубки с электростатическим управлением. По этим же причинам такие трубки применяют и в осциллоскопах.

Различия между магнитным и электростатическим способами отклонения и фокусировки относительно мало влияют на принципы построения демонстрационных установок. В связи с этим в дальнейшем изложении рассмотрены главным образом применения трубок с электростатическим управлением.

Что касается состава экранов применяемых трубок, то, как это уже указывалось, при быстром развёртывании луча по экрану нужно брать трубки с малым послесвечением, и наоборот. При использовании уже имеющейся трубки необходимо скорость развёртки (а следовательно, и демонстрируемый процесс) подбирать, сообразуясь с величиной времени послесвечения.

Электронно-лучевые трубки в учебных целях применяют для:

1. Демонстрации быстрых процессов во времени (осциллограмм).

2. Изображения кривых в прямоугольных координатах.
3. Изображения кривых в полярных координатах.
4. Представления трёхмерных изображений.

Кроме того, электронно-лучевые трубки находят применение для некоторых специальных целей, не связанных с непосредственным наблюдением кривых на экране, например, для генерирования напряжения сложной формы.

§ 12. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Универсальным прибором для демонстрации временны́х осциллограмм является электронно-лучевой осциллоскоп. В нём электронный луч отклоняется по вертикали (ось y) напряжением, которое пропорционально исследуемой величине, а по горизонтали (ось x) — напряжением, которое пропорционально времени.

Если функцией является некоторое напряжение в схеме, то его можно подать на отклоняющие пластины трубки непосредственно, либо после усиления или ослабления. Если же функцией является ток, то его необходимо преобразовать в напряжение. Это можно осуществить, включая в цепь исследуемого тока активное сопротивление столь малое, что введение его не нарушает работы исследуемой схемы. Падение напряжения на этом сопротивлении почти всегда получается малым и нуждается в значительном усилении. Для этой цели в осциллоскопах имеются специальные усилители.

Если необходимо демонстрировать процессы неэлектрические, например, изменение давления, длины, температуры, механических усилий и напряжений и т. п., то в этом случае приходится неэлектрические величины преобразовывать в электрические — в напряжения. Для этой цели используют различные устройства, известные в автоматике под названием **датчиков** [Л58, 61].

Поскольку электронно-лучевые трубки пригодны для наблюдения только сравнительно быстрых процессов, когда движение электронного луча даёт на экране слитую линию, то выбирать тип и конструкцию датчика необходимо так, чтобы он обладал достаточно малой инерционностью и вносил возможно меньшие искажения в ход функциональной зависимости.

Величины, изменяющиеся медленно или содержащие постоянную составляющую, можно демонстрировать, если подать напряжение, соответствующее этим величинам, непосредственно на отклоняющие пластины. При этом желательно использовать трубку с большим послесвечением. Однако если требуется усилить такое медленно изменяющееся или пульсирующее напряжение, то возникают затруднения, связанные с тем, что обычные усилители пропускают только переменную составляющую и то при условии, что она имеет частоту не менее $10 \div 20$ *гц*.

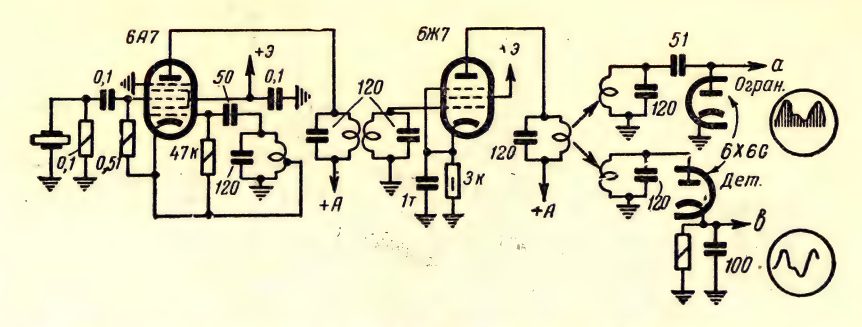


Рис. 61. Схема установки с использованием пьезоэлектрического датчика

Чтобы преодолеть эти затруднения без применения специальных усилителей постоянного тока [Л5], напряжение, вырабатываемое датчиком или исследуемой схемой, используют для модулирования амплитуды колебаний вспомогательного генератора звуковой или высокой частоты. Модулированное напряжение уже без труда можно усилить обычным усилителем и подать на трубку непосредственно после одностороннего ограничения, либо после детектирования и выделения средней составляющей. В первом случае на экране получается засвеченная поверхность, ограниченная с одной стороны исследуемой кривой, а с другой — осью абсцисс. Во втором случае получается обычная кривая, иногда несколько размытая за счёт плохой фильтрации высокочастотных составляющих.

В качестве примера применения такого метода на рис. 61 приведена схема установки для демонстрации изменения давления в цилиндре двигателя внутреннего сгорания. Напряжение пьезоэлектрического датчика модулирует амплитуду колебаний, вырабатываемых генераторной частью лампы 6А7. После усиления напряжение ограничивается или детектируется и подаётся на трубку.

В ряде случаев можно обойтись и без отдельного усилителя, поскольку сама преобразовательная лампа даёт достаточно большое напряжение.

Для наблюдения процессов во времени, на горизонтально отклоняющие пластины подают пилообразное напряжение, которое получают от специальных генераторов пилы. Это напряжение должно быть линейно: иметь равномерное нарастание и малую величину обратного хода, т. е. быстрое спадание. Среди большого многообразия разработанных к настоящему времени схем, хорошо себя зарекомендовали схемы мультивибратора с разрядной лампой (рис. 62*а*) и схема с тиратроном (рис. 62*б*). Первая схема позволяет получать частоту пилообразного напряжения до 400 *кгц*, а вторая — за счёт относительно длительного процесса рекомбинации в тиратроне, только до 50 *кгц*. В ряде случаев, в целях экономии средств, имеет смысл применять однопамповые транзитрон-

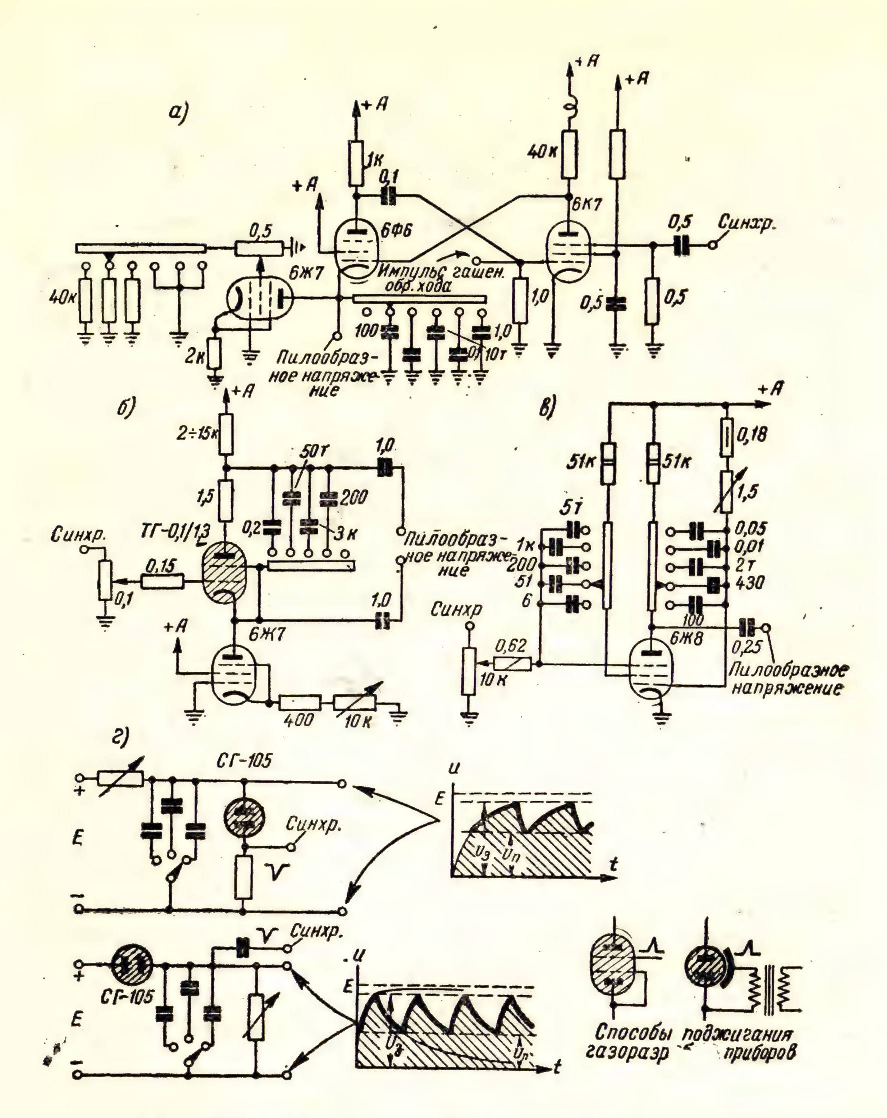


Рис. 62. Схемы генераторов пилообразного напряжения:
а) генератор, в котором коммутация с заряда на разряд производится электронным коммутатором, *б)* генератор с тиратроном, *в)* транзитронный генератор, *г)* генераторы с неоновым газоразрядным прибором

ные генераторы (рис. 62*в*), либо простейшие генераторы пилообразного напряжения с неоновой лампой или стабилизатором напряжения. Основные недостатки такого генератора — относительно малое использование питающего напряжения и, соответственно, малая амплитуда напряжения, трудность синхронизации гене-

ратора и, наконец, значительная нелинейность пилообразного напряжения. Схемы генераторов такого рода, приведённые на рис. 62*г*, позволяют получать напряжения пилообразной формы звуковых частот, порядка 1 *гц* ÷ 15 *кгц*.

Для того. чтобы изображение на экране было неподвижным, т. е. чтобы луч каждый раз прочерчивал кривую на одном и том же месте, нужно синхронизировать генератор развёртки с исследуемым напряжением. На схемах рис. 62 отмечены точки, куда подводят напряжение синхронизации. Практика показывает, что синхронизацию удаётся получить наиболее устойчивой, если осуществлять её не от исследуемого напряжения, а от постороннего источника. Часто таким источником является осветительная сеть переменного тока. В период подготовки демонстрации необходимо проверить устойчивость синхронизации, добиваясь чтобы изображение было неподвижно. Необходимо заметить при этом положение всех рукояток, чтобы легче было повторить демонстрацию.

Примером установки, демонстрирующей графики напряжений во времени, может служить схема, приведённая на рис. 63. Она предназначена для пояснения работы обычного маломощного кенотронного двухполупериодного выпрямителя, состоящего из силового трансформатора, кенотрона и фильтра. Изменение параметров фильтра осуществляют переключателями *3, 4* и *5*, причём последние два объединены. Кроме того, в схеме установки предусмотрены два выключателя, которые позволяют демонстрировать напряжение городской сети и напряжение однополупериодного выпрямления. Напряжение на вертикально-отклоняющие пластины обычного фабричного осциллоскопа снимают с части нагрузки *R*, а напряжение синхронизации — с обмотки накала кенотрона.

Если замкнуть выключатель *1,* то на экране получится невыпрямленная синусоида (кривая *б*), однополупериодное выпрямление (кривая *в*) демонстрируют при разомкнутых контактах *1* и *2*, а двухполупериодное (кривая *г*) — при замкнутом выключателе *2*. Кривые *д* и *е* получаются при различных параметрах фильт-

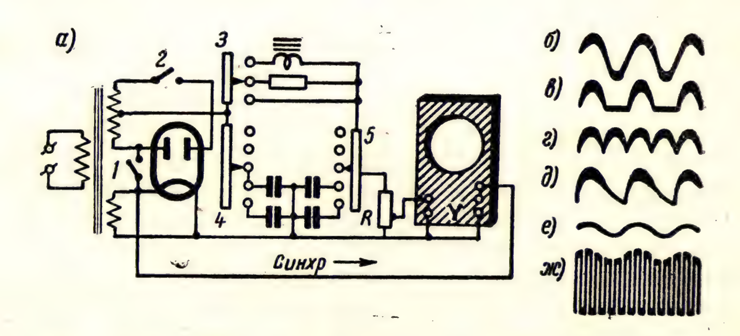


Рис. 63. Установка для пояснения работы выпрямителя и фильтра

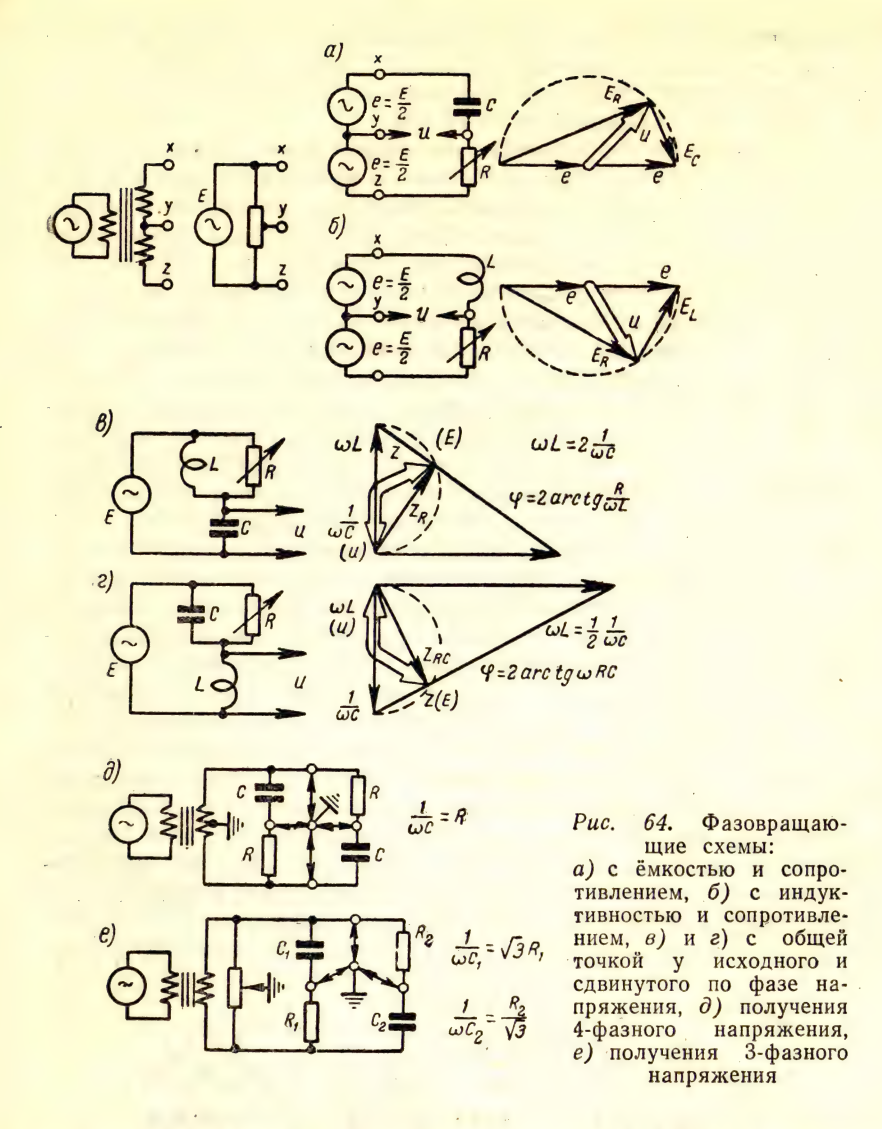


Рис. 64. Фазовращающие схемы:

а) с ёмкостью и сопротивлением, *б)* с индуктивностью и сопротивлением, *в)* и *г)* с общей точкой у исходного и сдвинутого по фазе напряжения, *д)* получения 4-фазного напряжения, *е)* получения 3-фазного напряжения

ра, причём кривая *е*, представляющая собой только переменную составляющую, так как усилитель осциллоскопа не пропускает постоянной составляющей, получается при наилучших параметрах фильтра. Эта кривая малопоказательна. Для восстановления постоянной составляющей можно воспользоваться методом модуляции, изложенным выше. Тот же эффект можно получить, если использовать электронный коммутатор на два канала, описание которого дано ниже. Кривая, получающаяся при этом, показана на рис. 62*ж*.

Аналогичным образом можно построить установку для демонстрации многофазного выпрямления. Однофазное напряжение, имеющееся в аудитории, можно преобразовать в многофазное. Для этой цели удобно пользоваться фазовращающими схемами, представленными на рис. 64*а, б* с векторными диаграммами. Схемы эти однотипны и различаются только направлением поворота фазы выходного напряжения U относительно входного E. Как видно из векторных диаграмм, сдвиг по фазе можно получить в пределах почти 180°, в зависимости от величины R. Выходное напряжение снимается между средней точкой обмотки трансформатора и точкой соединения активного и реактивного сопротивлений. Последнее обстоятельство иногда оказывается неудобным, и тогда пользуются другой схемой, в которой источник питания имеет одну общую точку с выходным напряжением (рис. 64*в, г*). Эти схемы имеют бо́льшее количество деталей, но тоже обеспечивают сдвиг по фазе на 180°. В отличие от предыдущих схем, где выходное напряжение равно половине входного, здесь входное и выходное напряжения равны между собой. Все эти схемы работают согласно приведённым векторным диаграммам только в режиме холостого хода или при большом сопротивлении нагрузки. Если требуются большие токи, следует ставить катодные повторители. На рис. 64*д, е* приведены схемы и основные соотношения для получения четырёх и трёхфазного напряжений [1]).

Для поворота фазы можно также использовать мостовые схемы и искусственные линии, причём последние позволяют получить фазовые углы, превышающие 360°. Искусственные линии типа RC вносят значительное затухание, возрастающее от звена к звену, тогда как линии типа LC почти не вносят затухани, но конструктивно более сложны. Кроме этих фазовращателей, можно применять сложные ламповые схемы, гониометрические и сельсинные системы, но сложность этих устройств заставляет при изготовлении наглядных пособий искать более простых решений.

Наглядные пособия с электронно-лучевыми трубками оказывают неоценимую помощь при ознакомлении учащихся с основными вопросами радиотехники. Например, гармонический анализ усваивается значительно быстрее и полнее, если воспользоваться установкой, представленной на рис. 65. На

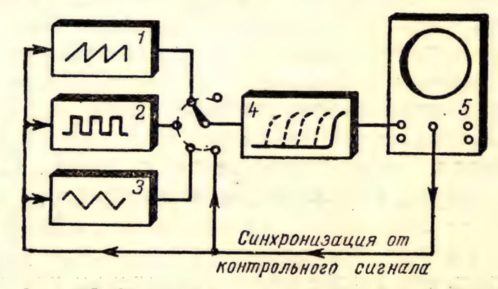


Рис. 65. Схема установки для демонстрации влияния гармоник на форму кривой

---

[1]) Более подробно об этом вопросе см. [Л3], стр. 46—91, а также [Л13], т. 1, стр. 143—147.

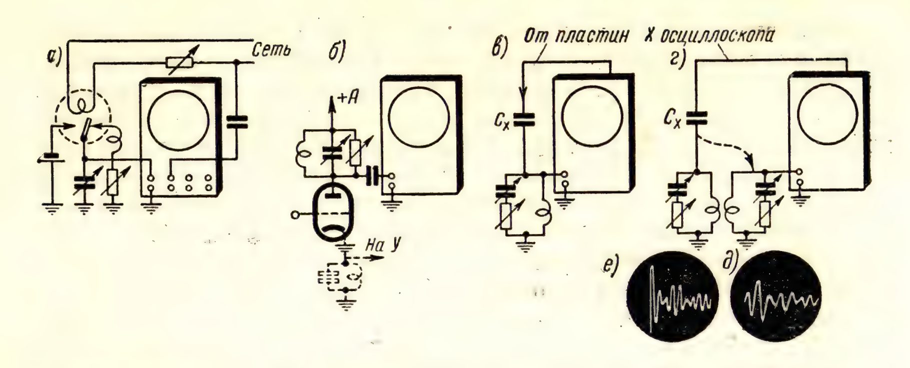


Рис. 66. Схемы для демонстрации свободных колебаний в контуре: *а)* с поляризованным реле, *б)* с ударной лампой, *в)* с возбуждением от осциллоскопа, *г)* возбуждение от осциллоскопа двух связанных контуров, *д)* осциллограмма колебаний во втором контуре, *е)* осциллограмма колебаний в первом контуре

вход осциллоскопа *5* через фильтр нижних частот *4* подаётся напряжение от одного из генераторов пилообразного *1*, прямоугольного *2* или треугольного *3* напряжений. Изменяя полосу частот, пропускаемых фильтром *4*, можно показать, как влияют отдельные гармоники на форму напряжения.

Очень важен вопрос о свободных колебаниях в одиночных и связанных контурах. Демонстрировать эти колебания можно, пользуясь несколькими видами установок. На рис. 66 представлены схемы четырёх установок, построенных на различных принципах. В схеме рис. 66*а* конденсатор контура посредством дифференциального реле (его можно заменить синхронным двигателем с коммутатором) 50 раз в секунду переключается с заряда на разряд и обратно. Обмотки реле питаются от осветительной сети через балластное сопротивление, с помощью которого регулируют чёткость переключения. При больших токах питания якорь реле перебрасывается слишком энергично и это приводит к отскакиванию подвижного контакта, а при малых токах момент переключения теряет периодичность, вследствие чего нарушается неподвижность изображения на экране трубки. Развёртка осциллоскопа синхронизирована с сетью. Сухая или аккумуляторная батарея, заряжающая конденсатор, должна иметь эдс порядка 10 ÷ 30 *в*. Такой электромеханический коммутатор часто используют при исследовании процессов установления. Можно применять его также при изготовлении пособий по автоматике. Существенным недостатком коммутатора является то обстоятельство, что он нуждается в систематической регулировке и не всегда обеспечивает устойчивость изображения.

Недостатки эти устранены в схеме рис. 66*б*, в которой коммутатором служит мощная лампа 6П6С или аналогичная ей. На

управляющую сетку этой лампы подаётся напряжение сети с большой амплитудой, вследствие чего она резко отпирается и столь же резко запирается. Импульс напряжения ударно возбуждает контур, который в силу этого иногда называют звенящим. Контур можно включать как между анодом и источником питания, так и в разрыв цепи катода. В последнем случае отпадает необходимость в разделительной ёмкости.

Электронные схемы коммутации работают более чётко, чем механические. Но они становятся громоздкими, если приходится коммутировать несколько цепей.

Для возбуждения свободных колебаний весьма удобна по своей простоте схема рис. 66*в*. [Л.21]. Здесь контур возбуждается импульсом во время обратного хода пилообразного напряжения развёртки. Импульс получают за счёт дифференцирования напряжения с одной из пластин *X*, осуществляемого очень малой ёмкостью C_x, составляющей всего 0,1% от ёмкости контура. Так как контур возбуждается напряжением развёртки, то получается очень устойчивая автосинхронизация. Если известна длительность обратного хода τ_{ox}, то расчёт ёмкости C_x производят, исходя из того, что постоянная времени цепочки, составленной из ёмкости C_x и эквивалентного сопротивления контура $R_э$ должна быть больше этой длительности, т. е. $\tau = R_э C_x > \tau_{ox}$.

Как видно из схем, изменяя у контура частоту настройки и затухание, можно демонстрировать колебания при различных его параметрах.

Последняя схема рис. 66*г* предназначена для демонстрации свободных колебаний в системе из двух связанных контуров. Первый контур возбуждается через дифференцирующий конденсатор C_x, а напряжение, форма которого показана на рис. 66*д*, снимается со второго контура. Индуктивная связь между контурами может быть изменена, что даёт возможность показать влияние коэффициента связи на форму колебаний. Колебания в первом контуре (форма колебаний показана на рис. 66*е*) получают, если ёмкость C_x переключить на контур, присоединённый к осциллоскопу, как показано пунктиром на рисунке. Применяя специальный двухканальный электронный коммутатор, можно показать напряжение в обоих контурах одновременно.

Системы генераторов развёрток, приведённые выше, работают устойчиво только при строгой периодичности исследуемого процесса, которую не всегда удаётся получить. Обычно это имеет место при исследовании различных механических устройств, например, механических коммутаторов. Если при таких исследованиях применить обычную развёртку, то изображение получается неустойчивым. Для устранения этого недостатка прибегают к так называемой ждущей развёртке, при которой в каждый период развёртка начинается только после поступления на генератор развёртки специального запускающего импульса. Схему ждущей развёртки удобно применять, когда необходимо наблюдать корот-

кие интервалы при сравнительно большом периоде повторения процессов (например, при демонстрации устанавливающихся процессов в электрических сетях). Вводя в цепь запускающего импульса задержку, например, посредством искусственной линии, можно подробно рассматривать различные участки всего периода повторения.

В отличие от обычных схем генераторов пилы, являющихся генераторами с самовозбуждением, схемы ждущей развёртки представляют собой недовозбуждённые генераторы. После прихода запускающего импульса в схеме совершается один полный цикл (вырабатывается один зубец пилы) и она приходит в исходное равновесное состояние, которое длится до поступления следующего запускающего импульса.

На рис. 67*а* и *б* приведены схемы генераторов ждущей развёртки. Первая из них позволяет получить длительности развёрток от 3 до 200 *мксек,* вторая — от 1 до 300 *мксек.*

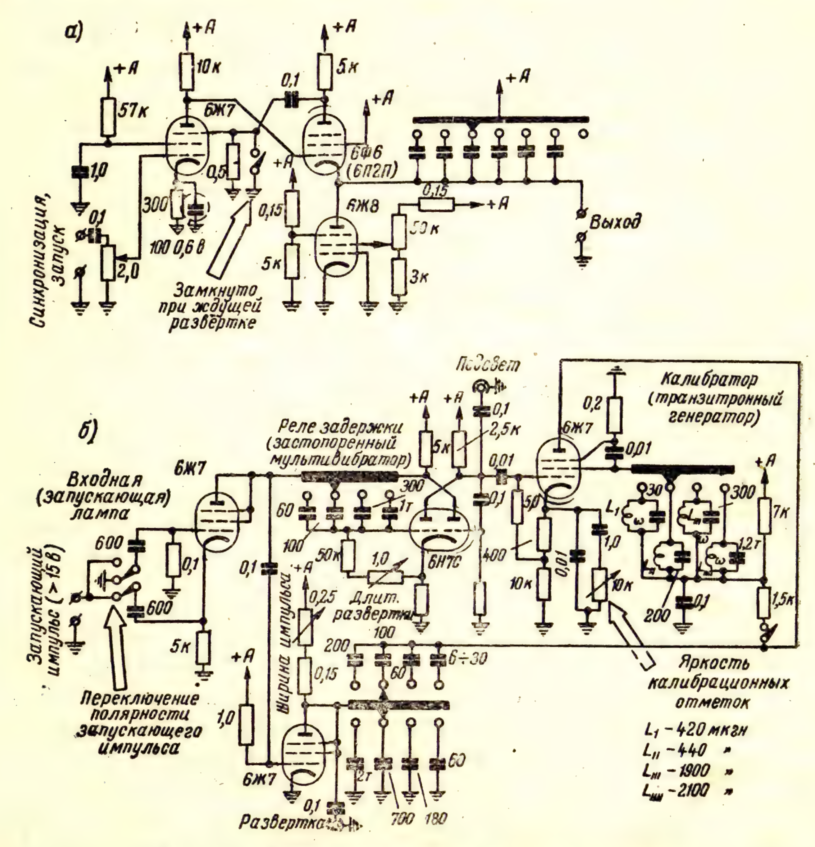


Рис. 67. Схемы генераторов ждущей развёртки:
а) с длительностью развёртки от 3 до 200 *мксек, б)* от 1 до 300 *мксек*

Продемонстрируем использование ждущей развёртки на установке для наблюдения свободных колебаний в системе связанных контуров, схема которой приведена на рис. 68. Переключение конденсатора первого контура с заряда на разряд и обратно производится телефонными реле, входящими в состав пульспары (так называется известная в автоматической телефонии схема соединения двух реле, работающая на принципе самовозбуждения). Контакты каждого реле пульспары периодически замыкаются. Периоды эти имеют небольшой разброс по длительности. Если работу такой схемы рассматривать при обычной развёртке, то изображение на экране осциллоскопа будет неустойчивое. В рассматриваемой схеме напряжение с обмотки второго реле пропускается через дифференцирующую цепочку *CR*, на выходе которой получается короткий импульс, запускающий блок ждущей развёртки. Схемы ждущей развёртки широко применяются в радиолокационных устройствах и в случае необходимости описания их можно найти в литературе по радиолокации.

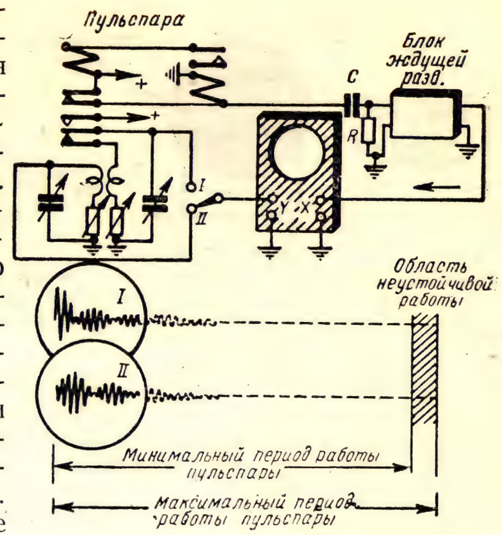


Рис. 68. **Применение ждущей развёртки для демонстрации свободных колебаний в связанных контурах**

Известный интерес представляет другая категория схем, позволяющих получить пилообразное напряжение, график нарастания которого представляет не прямую, как обычно, а ломаную, состоящую из трёх или более отрезков, идущих под различным наклоном. Пила такой формы, применяемая для развёртки, даёт возможность изменить масштаб шкалы времени на отдельных участках кривой, т. е. получить весьма полезную лупу времени.

На рис. 69*а* показана развёртка такой пилой синусоидального напряжения. Центральная часть изображения на экране получается растянутой, что позволяет более детально рассматривать кривую на этом участке. На рис. 69*б* показаны схемы формирования такого сложного пилообразного напряжения, в которых применяются, как видно, автоматические коммутаторы-диоды, отпирающиеся или запирающиеся при достижении пилообразным напряжением соответствующих уровней. Изменение скорости нарас-

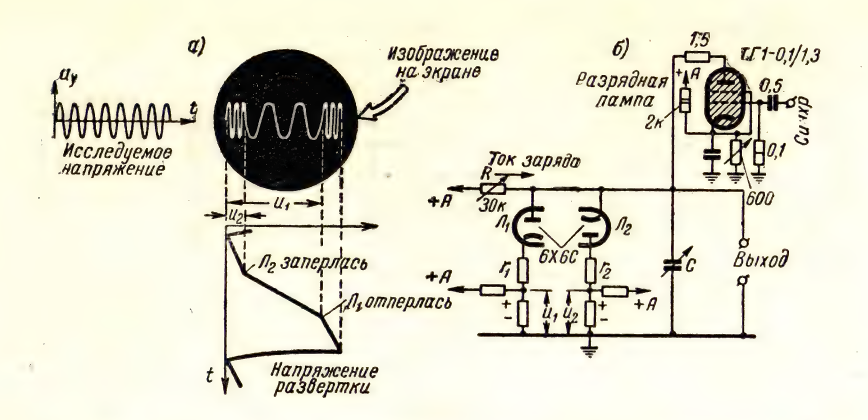


Рис. 69. Использование пилообразного напряжения с неодинаковой на отдельных участках скоростью нарастания:
а) принцип использования, *б)* схема получения такого пилообразного напряжения

тания пилообразного напряжения определяется отношением сопротивления R к r_1 или r_2, а момент перелома — уровнем постоянного напряжения, введённого в цепь диода.

В практике преподавания встречается необходимость показать кривую какого-либо процесса и сравнить её с другой кривой.

Наиболее простой способ заключается в том, что сначала контур одной кривой обводят жировым [1]) карандашом на стекле трубки осциллоскопа, а затем переключают осциллоскоп на другое исследуемое напряжение. Недостаток этого метода состоит в том, что кривые на экране наблюдаются в разное время. Следовательно, пока зарисовывают кривую и производят переключения, может измениться частота или другие параметры. Кроме того, неудобно показывать в динамике связь демонстрируемых процессов.

Для одновременного наблюдения кривых на экране необходимо так увеличить скорость коммутации с одной кривой на другую, чтобы оба изображения, демонстрируемые поочерёдно, воспринимались слитно. Как известно, для этого достаточно довести скорость коммутации до 13 ÷ 20 *гц*. Однако эту скорость трудно получить посредством механических коммутаторов, а электронные коммутаторы, которые могут работать и при гораздо более высоких скоростях, представляют собой сравнительно сложные устройства.

---

[1]) Жировые карандаши для письма по стеклу продаются в магазинах Главснабпроса. В случае необходимости их можно изготовить из сплава двух частей воска (или смеси воска с парафином) с одной частью говяжьего жира, в который, когда он находится ещё в жидком состоянии, добавляют однудве части истёртого в мелкий порошок красителя, например, сажи, белил, синьки, охры и т. п.

Можно применять несколько осциллоскопов одновременно. Хотя при этом кривые располагаются на разных экранах, но в целом ряде демонстраций это не является существенным. Примером может служить установка, содержащая три осциллоскопа (рис. 70*а*). Она позволяет демонстрировать два синусоидальных колебания и получающиеся при их сложении биения. Синусоидальные напряжения берут от двух отдельных звуковых генераторов (рис. 70*б*).

При наличии механического или электронного коммутатора достаточен один осциллоскоп.

Механические коммутаторы выполняют в виде набора контактов, расположенных по окружности, по которым движется щётка, приводимая во вращение двигателем. В тех случаях, когда схема коммутации оказывается сложной, применяют коммутатор, содержащий несколько контактных полей и щёток. Механические коммутаторы приходится конструировать на большое число оборотов порядка $1 \div 3$ тыс. *об/мин,* поэтому требования прочности, износоустойчивости и плавности хода выдвигаются на первое место. Нужно иметь в виду, что вибрация коммутаторов, толчки и удары щётки об отдельные контактные ламели вызывают «прыгание» изображения на экране. Особые трудности представляет ослабление ёмкостной связи между отдельными контактами, через которую одна цепь может влиять на другую. Для экранировки соседних контактов между ними устанавливают холостые контакты, заземлённые по переменному току. Связь между контактами значи-

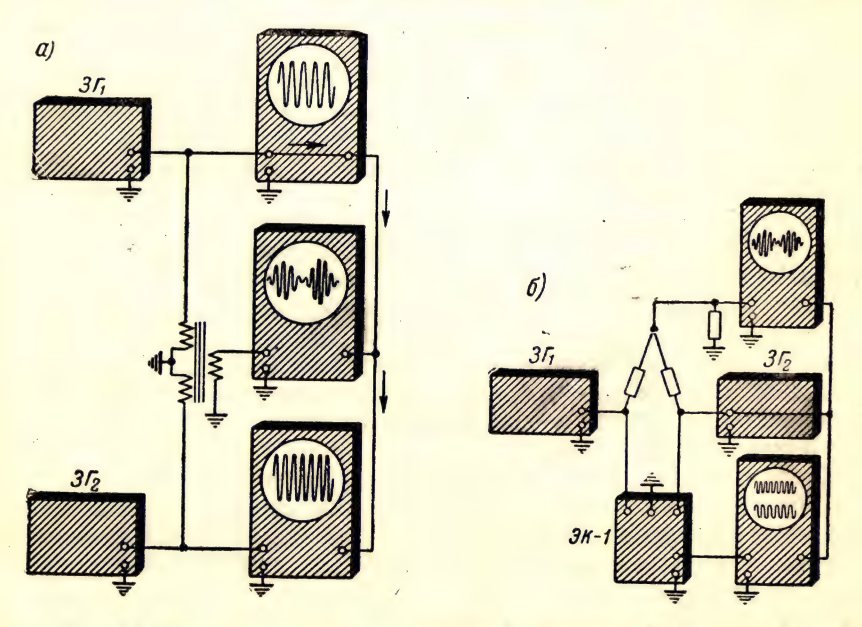


Рис. 70. Схема установки для пояснений процесса образования биений: *а)* без электронного коммутатора, *б)* с электронным коммутатором

тельно ослабляется, если под контактную плату подложить изолированную от неё металлическую заземлённую пластину с таким расчётом, чтобы ёмкость между отдельными контактами и этой пластиной была возможно большей.

Электронный коммутатор представляет собой комбинацию из нескольких запертых усилителей, имеющих независимые входы, работающих на общую нагрузку и отпираемых поочерёдно. Ко входам усилителей подводят исследуемые напряжения, а с общего выхода снимают напряжение на отклоняющие пластины трубки осциллоскопа. Отпирание усилителей часто синхронизируют с развёрткой кривых. Электронные коммутаторы позволяют осуществлять переключение с очень высокими скоростями. Нужно учитывать то обстоятельство, что время послесвечения люминофоров современных трубок имеет порядок $\tau = 0{,}01 \div 0{,}1$ *сек.* Поэтому нет смысла увеличивать частоту коммутации за пределы $F \geqslant 1{,}8\frac{1}{\tau}$.

На рис. 71*а, б* и *в* приведены три схемы электронных коммутаторов (на рис. 71*а* представлен электронный коммутатор ЭК-1, выпускаемый нашей промышленностью в виде отдельного блока). Во всех схемах, регулируя сопротивление *Совмещение,* можно сближать или даже совмещать кривые на экране. Совмещение кривых позволяет весьма точно сравнить их формы; очень удобно, например, показать характер искажений в усилителе, сравнивая кривые на входе с кривыми на выходе.

При использовании коммутаторов приведённого вида иногда возникают затруднения, связанные с тем, что оба входа являются несимметричными, причём каждый из них имеет одну заземлённую точку. Для того чтобы можно было на входы коммутатора подать напряжения, снятые с произвольных участков схемы, перед входами помещают разделительные трансформаторы, воздушные или с сердечником в зависимости от частоты. При этом конструкцию и размеры трансформаторов следует выбирать такими, чтобы сталь сердечника работала в режиме, далёком от насыщения, и не возникало заметного искажения формы кривых.

Совместное расположение кривых на одном экране можно получить также и оптическим методом. Для этой цели используют полупрозрачное зеркало, как показано на рис. 72*а.* Полупрозрачные зеркала получают серебрением стекла в присутствии сегнетовой соли. В случае необходимости их можно изготовить своими силами [Л59, стр. 156].

Часто требуется совместно с кривыми на экране расположить и неподвижные изображения, например, оси, сетки, расчётные или идеальные кривые. В зависимости от обстоятельств неподвижные изображения рисуют жировым карандашом либо непосредственно на стекле экрана трубки, либо на куске простого или органического стекла, расположенного перед экраном. Можно также с помощью проекционного фонаря или эпидиаскопа проектировать

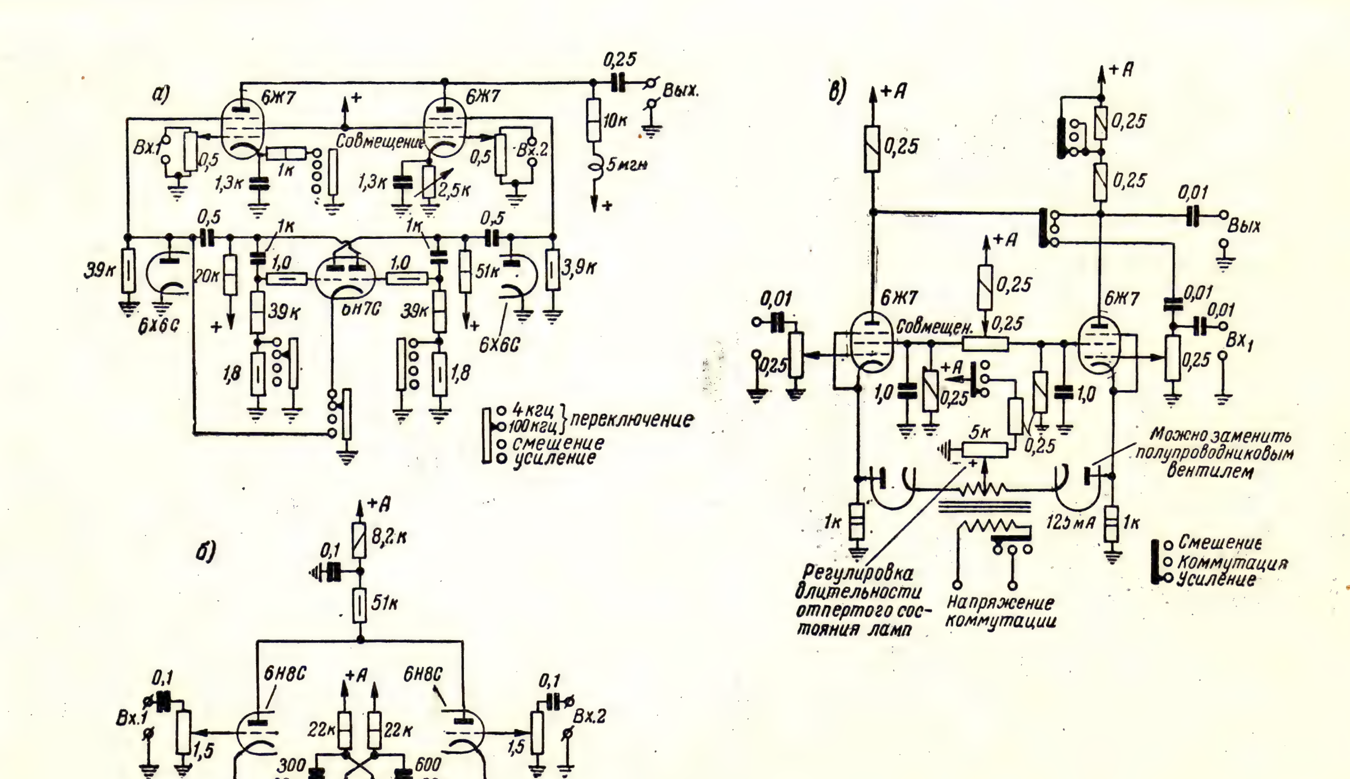


Рис. 71. Принципиальные схемы электронных коммутаторов:
а) типа ЭК-1, *б*) упрощённый, *в*) с минимальным числом ламп

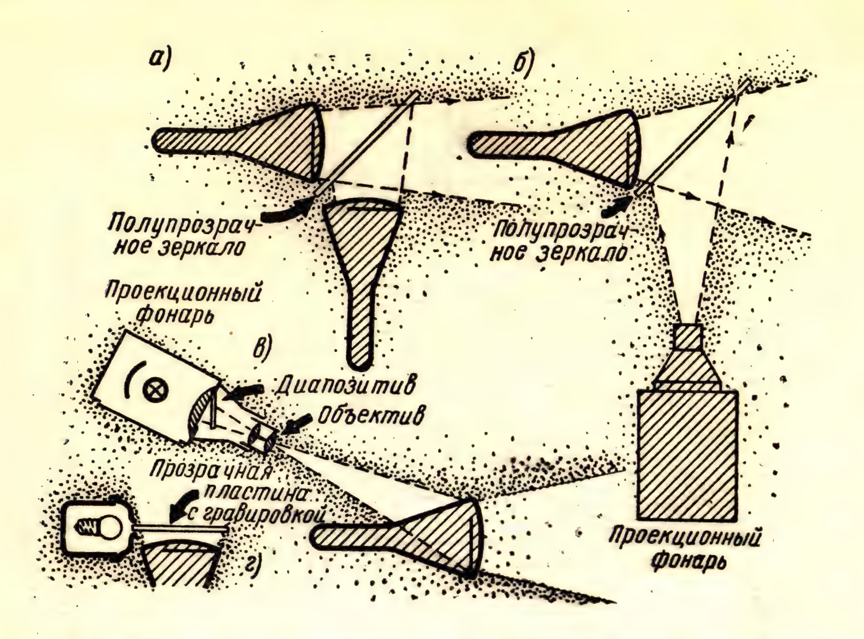


Рис. 72. Совмещение двух изображений на одном экране оптическим методом:

а) и *б)* посредством полупрозрачного зеркала, *в)* непосредственным проектированием на экран трубки, *г)* использование прозрачной пластины с гравировкой

неподвижное изображение на полупрозрачное зеркало, либо непосредственно на экран, как это показано на рис. 72*б, в*. Неподвижные изображения, которыми особенно часто приходится пользоваться, в ряде случаев гравируют на обычном или органическом стекле, помещаемом перед экраном (рис. 72*г*). Если такое стекло осветить с торца, то наблюдателю кажется, что гравированные штрихи светятся. Если подобрать соответствующим образом цвет окраски лампочки, то очень трудно отличить, какое из изображений гравировано и какое прочерчено электронным лучом.

При демонстрации явлений, происходящих очень быстро, в обычных условиях нет возможности показать процесс «роста» кривой, процесс прочерчивания её лучом, а между тем необходимость в этом иногда встречается. Желая обеспечить такой эффект, можно зажигать или гасить луч на определённые части периода развёртки, передвигая постепенно начало гашения луча относительно начала развёртки. Если гашение луча производить не полностью, то одновременно с «растущей» и уже видимой кривой более бледно будет просматриваться и остальная её часть.

Наиболее простой метод такой подсветки состоит в том, что на электрод трубки, управляющий яркостью луча, подаётся напряже-

ние от звукового генератора (рис. 73*а*). Частота подбирается с таким расчётом, чтобы на всей кривой разместилось не более двух-трёх освещённых участков. Если немного изменить частоту вспомогательного звукового генератора, то освещённые участки кривой начинают по ней перемещаться (рис. 73*б*). Нужно иметь в виду, что для запирания трубки требуется значительное напряжение, не менее 20 ÷ 60 *в*.

Так как луч отпирается синусоидальным напряжением, то освещённые участки имеют нерезкие концы, что несколько портит впечатление. Это можно устранить, если подавать напряжение прямоугольной формы, которое получается от преобразования синусоидального напряжения двусторонним ограничителем (рис. 73*в*).

Удобна специальная схема, представляющая собой небольшое видоизменение лампового реле (рис. 73*г*). На вход этого

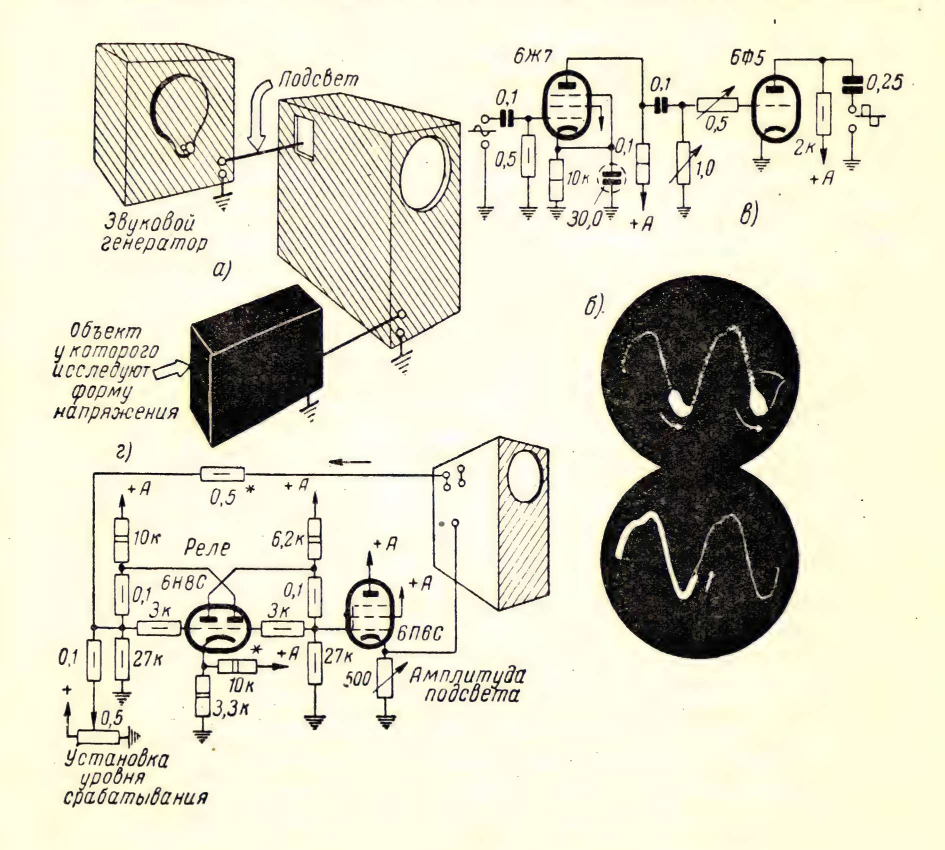


Рис. 73. Подсвет кривых на экране осциллоскопа подачей импульсов: *а)* блок-схема установки, *б)* результаты подсветки, *в)* схема для формирования импульсов из синусоиды, *г)* спусковая схема для генерирования импульсов подсвета регулируемой длительности

реле подаются одновременно пилообразное напряжение развёртки от осциллоскопа и некоторое постоянное напряжение. В результате на выходе реле получаются импульсы, синхронные и синфазные с пилообразным напряжением. Длительность их зависит от величины постоянного смещения. Если постепенно вводить потенциометр, регулирующий смещение, то длительность импульсов, запирающих луч, будет уменьшаться, а кривая на экране будет постепенно «вырастать» (рис. 73*б*, нижняя кривая). Амплитуду импульсов и положение ручки яркости осциллоскопа можно подобрать так, чтобы луч запирался частично, оставляя заметным изображение и остальной части кривой.

§ 13. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКИ ДЛЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ КРИВЫХ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТАХ

Кривые зависимости от времени (осциллограммы), способы получения которых были рассмотрены в предыдущем параграфе, представляют собой частный случай более общего вида зависимостей в прямоугольных координатах. Горизонтальная ось может быть осью не только времени, но и любой другой переменной величины. Примером могут служить фигуры Лиссажу, которые получают, подавая синусоидальные напряжения на обе пары пластин. Эти фигуры используют для точного сравнения частот, фаз и ряда других целей.

На рис. 74*а* показана схема установки для демонстрации петли гистерезиса. На пластины X подаётся напряжение, пропорциональное мгновенному значению напряжённости магнитного поля H, а на пластину Y — напряжение, пропорциональное мгновенному значению индукции B в стали. В настоящей установке использовано то обстоятельство, что величина H пропорциональна i_1 и, соответственно, падению напряжения на R_1, а величина e_2 пропорциональна B. Однако величину e_2 нельзя подать непосредственно на отклоняющие пластины, так как эта эдс сдвинута относительно индукции по времени на четверть периода $\left(e_2 = \frac{dB}{dt}\right)$. Для прочерчивания лучом кривой гистерезиса этого сдвига быть не должно, поскольку при построении кривой требуется, чтобы функция в любой момент соответствовала аргументу. В связи с этим вторичную обмотку нагружают на фазовращающую цепочку R_2C. Активное сопротивление должно быть настолько большим, а ёмкостное — малым, чтобы практически режим холостого хода не нарушался. Напряжение u_2, снимаемое с ёмкости C, сдвинуто относительно e_2 почти точно на 90° и, следовательно, находится в фазе с током i_1.

Вместо эдс взаимоиндукции e_2 можно использовать эдс самоиндукции, выделяющуюся на первичной обмотке (рис. 74*б*).

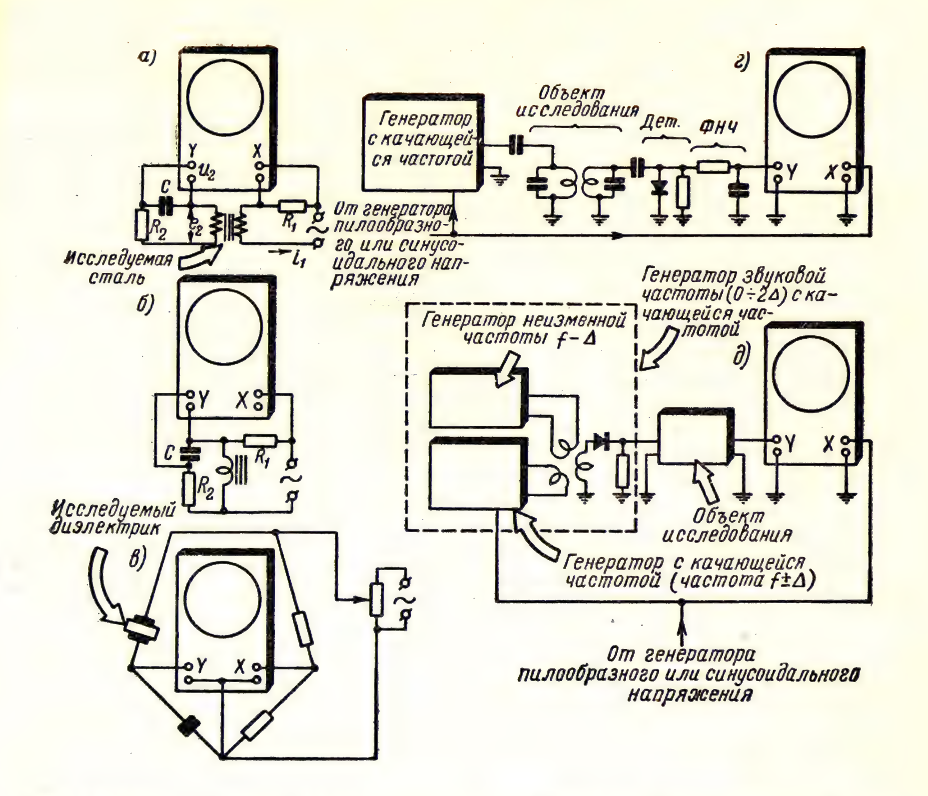


Рис. 74. Схемы установок для демонстрации кривых на экране осциллоскопа:

а) схема для демонстрации гистерезисной петли с трансформатором, содержащим исследуемую сталь, *б)* схема для демонстрации гистерезисной петли с дросселем, содержащим исследуемую сталь, *в)* схема для демонстрации петли диэлектрического гистерезиса с ёмкостью, содержащей исследуемый диэлектрик, *г)* схема для наблюдения резонансных кривых двух связанных контуров, *д)* схема для наблюдения частотной характеристики усилителей и фильтров в диапазоне нижних частот

Сталь можно исследовать, используя её в качестве магнитопровода трансформатора или дросселя. При работе на нижних звуковых частотах порядка 50 ÷ 100 *гц* детали схемы должны иметь величины: R_2=1,5 *Мом*, R_1=0,1 ÷ 1 *ом*, C=1÷3 *мкф*.

В разобранной схеме можно получать различные частные циклы намагничивания, меняя подводимое напряжение, а прикладывая ещё и постоянное подмагничивание (при помощи отдельной обмотки, питаемой постоянным током), можно получить смещённые циклы. Такую же гистерезисную петлю можно получить и в схеме с одной обмоткой.

Схема, приведённая на рис. 74*в*, даёт возможность демонстрировать петлю диэлектрического гистерезиса в сегнетодиэлектриках.

В установках, предназначенных для демонстрации различных функций от частоты, обязательным элементом является генератор с качающейся частотой, т. е. частотно-модулированный генератор с большой, в процентном отношении, девиацией частоты.

Качающаяся частота неизменной амплитуды радио или звукового диапазона подводится к исследуемому объекту, на выходе которого получается напряжение с амплитудой, в разные моменты времени пропорциональной ординатам частотной кривой для соответственных абсцисс (частот). На вход *Y* осциллоскопа подают напряжение ординаты частотной кривой, а на вход *X* — напряжение, пропорциональное частоте. Рис. 74*г* представляет собой упрощённую схему установки для наблюдения резонансных кривых связанных контуров, т. е. устройства, работающего на радиочастотах. Для подачи на вход *Y* напряжения, пропорционального амплитуде, на выходе контуров поставлен детектор и фильтр нижних частот. Для исследования частотных характеристик УНЧ можно применять схему, идея которой представлена на рис. 74*д*.

Периодическое изменение частоты можно получить различными способами. В одних генераторах для этой цели применяется переменный конденсатор, приводимый во вращение электродвигателем, в других — конденсатор, одна из обкладок которого укреплена на подвижной катушке системы, применяемой в электродинамическом громкоговорителе, или просто представляет плоскую часть якоря обычного телефонного реле, в третьих — переменная индуктивность (дроссель с подмагничиванием) и, наконец, в четвёртых, наиболее распространённых, — реактивная лампа, подключённая к контуру. Примером генератора с реактивной лампой может служить генератор, входящий в состав приставки *РК-1* для наблюдения резонансных кривых, выпускаемый нашей промышленностью. Схема приставки с данными всех деталей приведена на рис. 75*а*.

Приставка *РК-1* является преобразователем частоты, в состав гетеродина которого введена реактивная лампа, управляемая пилообразным напряжением развёртки осциллоскопа. Если на вход приставки от постороннего источника, например от генератора стандартных сигналов, подать высокую частоту, то на выходе будет получена разностная частота, на 4 *Мгц* ниже поданной на вход и промодулированная по частоте.

Рисунок 75*б* показывает применение приставки для определения общей резонансной кривой радиоприёмника. На вход приёмника, который в данном случае служит исследуемым объектом, подводится напряжение качающейся частоты, а с выхода приёмника после детектирования напряжение подаётся на вход *Y* осцилло-

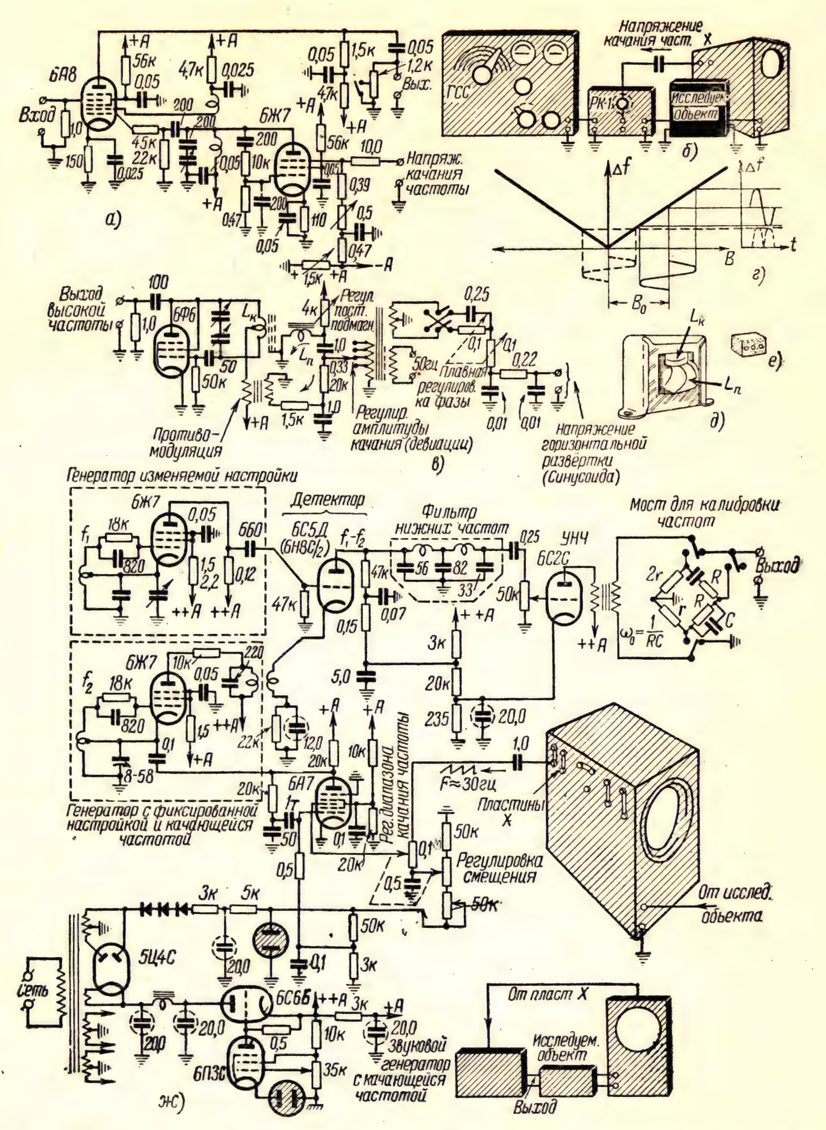


Рис. 75. Схемы для получения частотно-модулированных напряжений звукового диапазона и использование этих напряжений для демонстрации частотных кривых:

а) приставка РК-1, *б)* определение при помощи приставки общей резонансной кривой радиоприёмника, *в)* схема генератора, качание частоты в котором осуществляется изменением подмагничивания сердечника контурной катушки, *г)* влияние постоянной подмагничивания, *д)* конструкция блока контурной катушки и системы подмагничивания, *е)* брусочек из магнито-диэлектрика, *ж)* схема установки для демонстрации частотных характеристик усилителей и четырёхполюсников, работающих на низкой частоте

скопа. Смещение луча на экране по оси x сопровождается соответствующим изменением частоты на входе приёмника, так как отклонение этой частоты от номинала управляется пилообразным напряжением, снятым с пластин X. Поэтому каждому значению напряжения X будет соответствовать определённое перемещение пятна на экране по горизонтали, а также определённая частота на входе. Напряжение, получающееся на выходе приёмника, вызывает смещение пятна на экране по вертикали.

В результате луч прочертит частотную характеристику.

Если в качестве исследуемого объекта взять фильтр или другое устройство, не имеющее на выходе детектора, то нужно предусмотреть установку детектора на входе осциллоскопа.

Довольно просто изготовить генератор, малораспространённая схема которого представлена на рис. 75*в*. В нём качание частоты осуществляется изменением подмагничивания сердечника контурной катушки. Известно, что сердечник из магнитодиэлектрика уменьшает свою магнитную проницаемость при наложении дополнительного магнитного поля. Так как возрастание частоты контура с таким сердечником происходит при любом направлении подмагничивающего потока, то приходится прикладывать дополнительно постоянное подмагничивание, иначе произойдёт удвоение частоты качаний (рис. 75*г*). Необходимо заметить, что изменение магнитной проницаемости сказывается на добротности контура, что приводит к амплитудной модуляции, в данном случае нежелательной. Для её устранения на анод или сетку генераторной лампы подводят напряжение противомодуляции.

При настройке таких генераторов нужно иметь в виду, что сердечник из низкочастотной стали может вносить в колебательный контур очень большое затухание, если катушка этого контура не экранирована. Для экранировки достаточно между сердечником из магнитодиэлектрика и сердечником низкочастотной стали проложить тонкие пластинки медной, латунной или алюминиевой фольги. На рис. 75*д* изображена рациональная конструкция блока контурной катушки и системы подмагничивания. В качестве сердечника подмагничивания взят пакет стандартной трансформаторной стали, средний керн которой соответственно укорочен, и в образовавшийся зазор вставлен броневой (горшковый) сердечник из магнитодиэлектрика. Ещё лучше контурную катушку намотать в отверстия брусочка, выпиленного из магнитодиэлектрика, как показано на рис. 75*е* [Л.76].

Как видно из схемы, в генераторе предусмотрена также регулировка амплитуды и фазы развёртки, осуществляемая в данном случае синусоидальным, а не пилообразным напряжением.

Последние работы в области таких генераторов свидетельствуют, что, во-первых, при быстрых качаниях частоты контуры исследуемого устройства оказываются расстроенными, а, во-вторых, основная настройка генератора качающейся частоты постепенно «сползает» в сторону. Поэтому частоту качаний не следует брать

излишне большой (не более 25 *гц*), а напряжение на вход *X* осциллоскопа лучше брать не от цепей качания частоты, а с выхода частотного детектора, включённого после исследуемого устройства [Л.68].

Пользуясь генераторами с качающейся частотой, нетрудно демонстрировать резонансные кривые различных контуров.

Аналогичным образом работает установка, изображённая на рис. 75*ж*. Она предназначена для демонстрации частотных характеристик усилителей и любых четырёхполюсников, работающих на низкой частоте. В этой установке частотно-модулированный генератор высокой частоты входит в состав звукового генератора на биениях. Поэтому звуковая частота периодически изменяется в широких пределах. В качестве ведущего, т. е. определяющего работу всей установки генератора очень низкой частоты, удобно использовать генератор пилообразного напряжения с неоновой лампой или одноламповый генератор типа *RC*.

При разработке звуковых генераторов с изменяющейся частотой нужно иметь в виду, что абсолютное изменение низкой частоты равно абсолютному изменению высокой частоты. В генераторе, схема которого изображена на рис. 75*в*, трудно получить изменение частоты больше $7 \div 10\%$. Поэтому для увеличения пределов изменения звуковой частоты необходимо увеличивать основную частоту генератора f_2.

Генератор с качающейся частотой используют также в установках для визуального анализа спектра частот несинусоидальных напряжений — в спектральных анализаторах. Блок-схема одного из таких анализаторов представлена на рис. 76. Это супергетеродинный приёмник, настройка которого весьма быстро и периодически изменяется. Полоса пропускания усилителя промежуточной частоты приёмника за счёт применения кварцевого фильтра сужена до $2 \div 5$ *гц*. Если настройка приёмника совпадает с одной из частот сигнала, то на выходе развивается большое напряжение и на экране трубки появляется вертикальная черта. Поскольку горизонтальное смещение связано с качанием частоты гетероди-

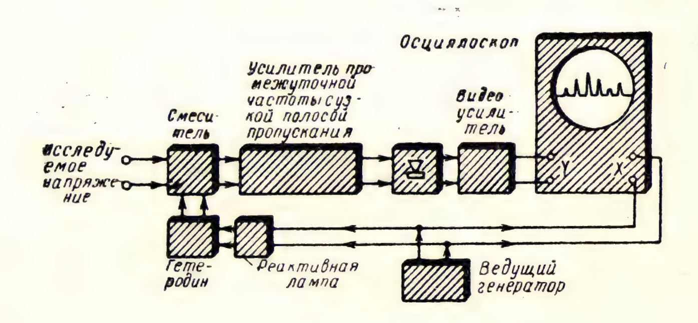


Рис. 76. Блок-схема анализатора частотного спектра

на, то вертикальные чёрточки располагаются на оси x, как на шкале частот. В тех случаях, когда исследованию подвергают импульсные напряжения, необходимо несколько рассинхронизировать частоту качания относительно частоты следования импульсов. С этой целью для синхронизации периода качания частоты и развёртки применяют отдельный генератор.

Ещё один класс демонстрационных установок для показа зависимостей в прямоугольных координатах представляют установки для демонстрации различных вольтамперных характеристик. В установках такого класса на пластины X подаётся напряжение, равное или пропорциональное напряжению на испытуемом приборе, а на пластины Y — напряжение, пропорциональное току через этот прибор.

На рис. 77*а* приведена схема установки для демонстрации вольтамперных характеристик выпрямителей. Как видно, на пластины X прикладывается напряжение, подведённое к вентилю, и на пластины Y — напряжение, снятое с небольшого сопротивления R и пропорциональное току. Аналогичная схема (рис. 77*б*) позволяет получать вольтамперные характеристики различных газосветных приборов. Если последовательно с исследуемым прибором включить нагрузочное сопротивление, то на экране будут получаться не статические, а динамические характеристики.

Наибольший интерес представляют установки для демонстрации характеристик вакуумных приборов. Простейшие из этих установок дают возможность показывать только одну какую-либо характеристику, тогда как более совершенные и сложные — целые семейства их. На рис. 78*а* представлена простейшая схема установки, дающей на экране характеристику $I_a = f(U_a)$, а на рис. 78*б* — несколько более совершенная схема такого же назначения (добавлен диод-коммутатор, который предназначен для защиты канала X от перегрузок на время отрицательных полупериодов питающего напряжения). Если изменять напряжение на сетке исследуемой лампы, её накал или нагрузку, то характеристика на экране соответственно изменяется.

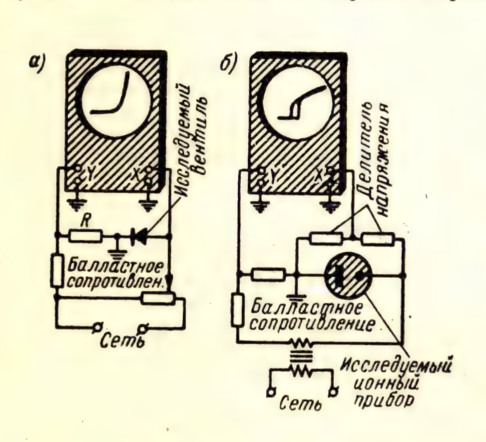


Рис. 77. Схемы установок для получения вольтамперных характеристик различных нелинейных двухполюсников: а) полупроводникового вентиля, *б*) газоразрядной лампы

Для получения хороших характеристик ламп необходимо соблюдать ряд условий: во-первых, усиление напряжений нужно производить усилителями с непосредственной связью (без раздели-

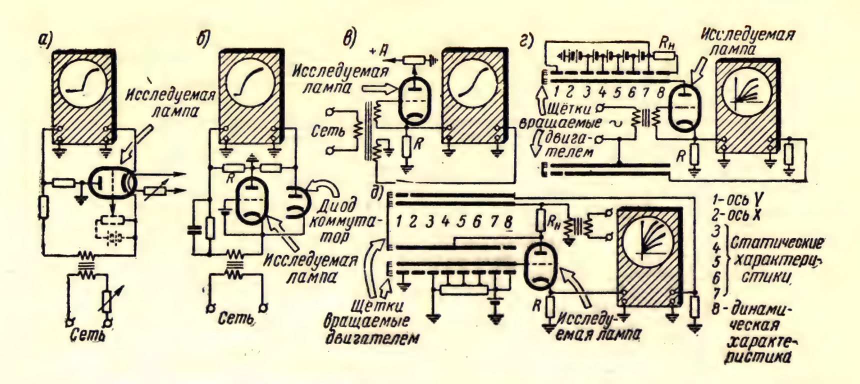


Рис. 78. Схема установок для демонстрации на экране электронно-лучевой трубки характеристик радиоламп:

а) установка для демонстрации анодной характеристики, *б)* установка для демонстрации анодной характеристики с укороченной отрицательной ветвью, *в)* установка для демонстрации анодно-сеточной характеристики, *г)* установка для демонстрации семейства сеточных характеристик, *д)* установка для демонстрации семейства анодных характеристик

тельных ёмкостей), иначе не удастся воспроизвести постоянную составляющую тока и, кроме того, в обычных усилителях имеют место большие фазовые сдвиги, которые дают раздвоение линий кривых по той же самой причине, по которой получается эллипс, если на обе пары пластин трубки подавать два напряжения с небольшим сдвигом фаз.

Во-вторых, во избежание заметного мерцания кривой питание установки нужно осуществлять повышенной, а не промышленной частотой 50 *гц*. Для этой цели можно использовать нефильтрованное напряжение двухполупериодного выпрямителя, в котором имеется интенсивная гармоника в 100 *гц*. Однако лучше применять специальный генератор с частотой 400 *гц*.

В-третьих, сопротивление, с которого снимается напряжение, пропорциональное току лампы, должно быть по крайней мере в 100 ÷ 200 раз меньше внутреннего сопротивления исследуемой лампы, а это приводит к необходимости использовать усилители.

На рис. 78*в* представлена схема для получения анодно-сеточных характеристик, идея работы которой аналогична предыдущим.

Для получения семейства характеристик напряжение, являющееся параметром (например, сеточное в анодных характеристиках), требуется изменять ступенями. В схемах рис. 78*г* и 78*д* это получается за счёт применения вращающегося коммутатора. Скорость вращения следует синхронизировать с частотой питания лампы с таким расчётом, чтобы переход на следующую ступень происходил не ранее, чем закончится полный период вычерчивания кривой. При проходе щёткой контактов *1* и *2* на экране

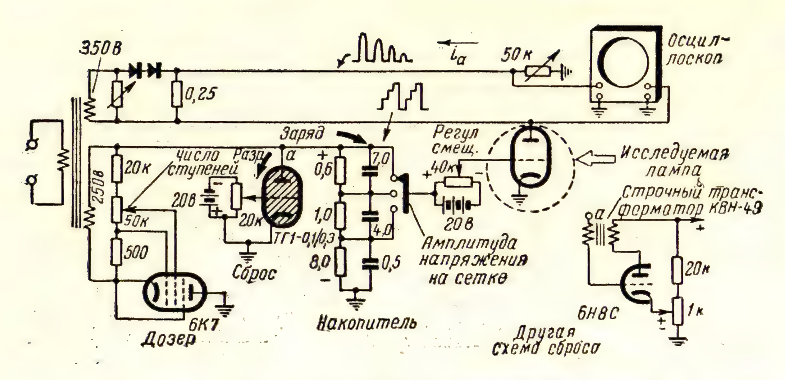


Рис. 79. Схема для демонстрации характеристик ламп (с тиратроном или застопоренным блокинг-генератором)

прочерчиваются координатные оси, а при попадании на контакт *8* — динамическая характеристика.

Более совершенными являются системы, в которых напряжение ступенчатой формы вырабатывается электронной схемой. Работа большинства генераторов ступенчатого напряжения во многом аналогична работе генераторов пилообразного напряжения, за исключением того, что заряд (или разряд) конденсатора, с которого снимается напряжение, происходит не непрерывно, а отдельными частями. При этом переход со ступени на ступень происходит во время обратного хода напряжения, рисующего кривую. Одна часть генератора напряжения является дозёром, т. е. схемой, определяющей дозу или величину заряда, поступающего в накопительную ёмкость (или из неё). Вторая часть является разрядной и срабатывает либо после определённого числа ступеней, либо по достижении определённого уровня напряжения на конденсаторе. Питание в схеме (рис. 79) осуществляется неотфильтрованным напряжением однополупериодного выпрямителя; дозёром служит лампа 6К7, работающая стабилизатором тока заряда: разрядной частью схемы служит тиратрон или блокинг-генератор.

В схеме рис. 80 частота питающего напряжения повышена до 400 *гц*, благодаря чему уменьшается мерцание экрана. Источником этого напряжения является обычный генератор на лампе 6П6С. Накопительная ёмкость заряжается рядом коротких импульсов, вырабатываемых схемой формирования, состоящей из двух ламп и дифференцирующей цепочки. Разрядной схемой является застопоренный мультивибратор. Диоды, имеющиеся в схеме, распределяют нужным образом положительные и отрицательные импульсы, полученные после дифференцирования.

В схеме рис. 81 напряжение с сопротивления *R*, являющегося нагрузкой двухполупериодного выпрямителя, снимается минусом на сетку триодной части лампы 6Г7. В результате лампа отпи-

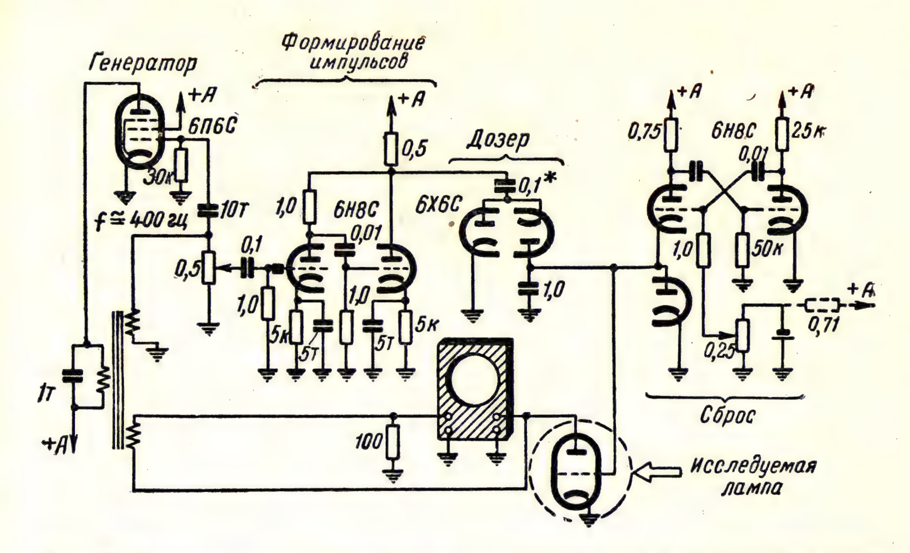


Рис. 80. Схема с мультивибратором для демонстрации характеристик ламп

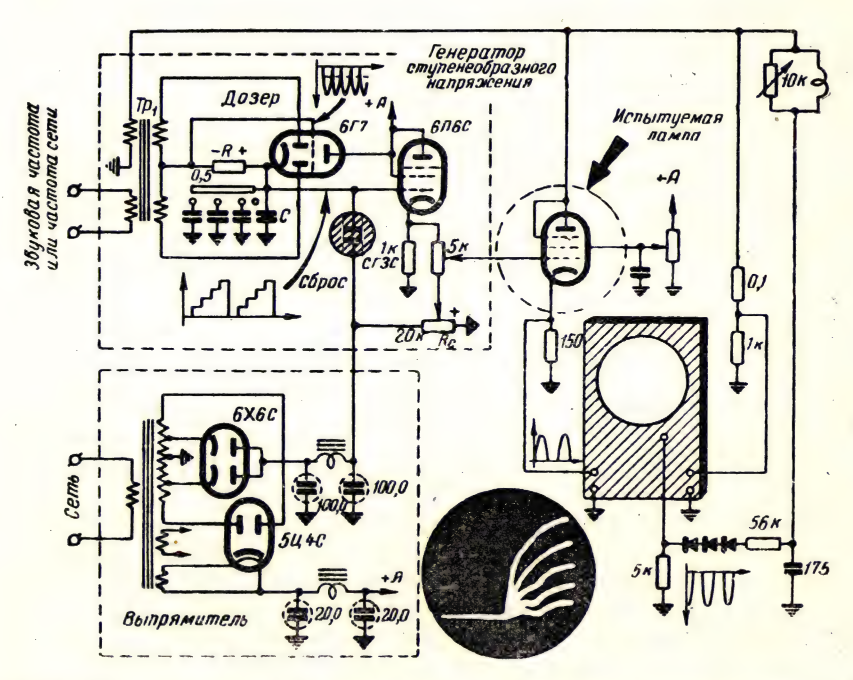


Рис. 81. Схема с неоновой разрядной лампой для демонстрации характеристик ламп

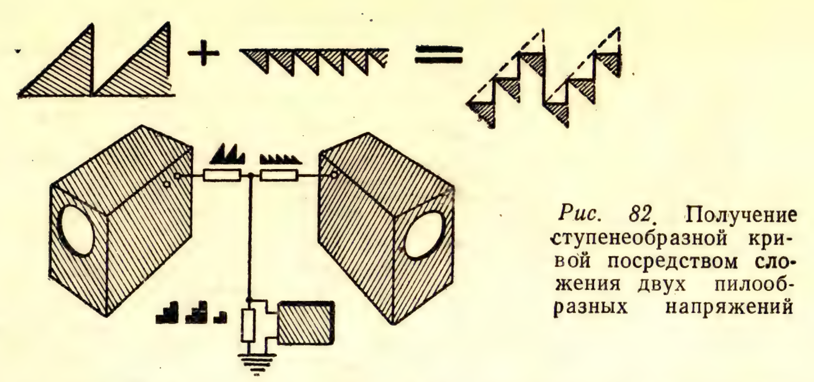


Рис. 82. Получение ступенеобразной кривой посредством сложения двух пилообразных напряжений

рается только на короткие интервалы времени, когда потенциал на сетке приближается к нулю. В эти интервалы времени анодным током лампы происходит подзаряд конденсатора C в результате чего напряжение на нём ступенеобразно возрастает. Когда потенциал конденсатора C достигнет определённого уровня, вспыхивает неоновый разрядник СГЗС, конденсатор разряжается и процесс заряда начинается сначала.

Ступенеобразное напряжение пропускается через буферный катодный повторитель, собранный на лампе 6П6С и подводится к сетке исследуемой лампы, на анод которой подаётся переменное напряжение с отдельной обмотки трансформатора Tp_1. Для того чтобы установить начальную рабочую точку исследуемой лампы, на сетку её одновременно с положительным ступенеобразным напряжением, с потенциометра R_c подаётся отрицательное смещение. То обстоятельство, что на один из электродов СГЗС приложено отрицательное относительно земли напряжение, снижает максимальное значение положительного напряжения на сетке катодного повторителя, а следовательно, и на его выходе. Германиевый детектор, получающий питание от развёртки по оси x через фазовращатель, подаёт импульсы, запирающие луч, благодаря чему устраняется обратный ход луча.



Рис. 83. Семейства характеристик ламп

На рис. 82 приведена схема ещё одного способа получения ступенчатого напряжения: путём сложения двух пилообразных напряжений, из которых одно имеет частоту, кратную частоте другого. Эту схему удобно составить из нескольких генераторов пилообразного напряжения или осциллоскопов.

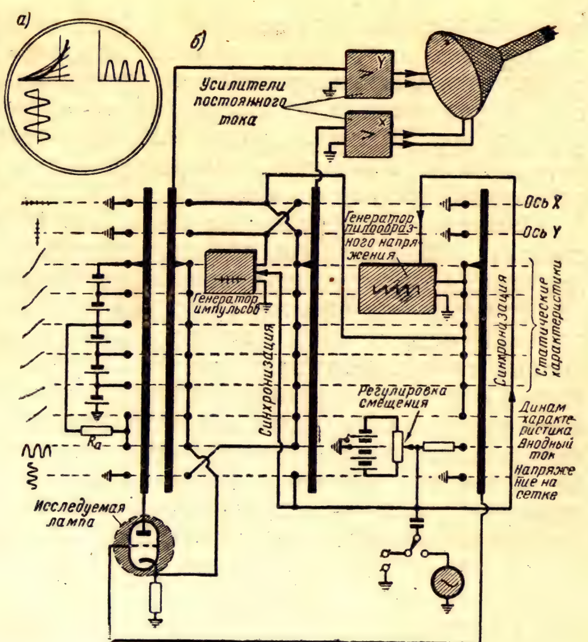


Рис. 84. Упрощённая схема установки для получения комплекса графиков, поясняющих работу радиолампы: *а)* семейства характеристик, поясняющих работу радиолампы, *б)* блок-схема установки

Семейства кривых, которые можно наблюдать, пользуясь рассмотренными выше схемами, приведены на рис. 83.

Ценой значительного усложнения схемы можно получить на экране трубки очень эффектное изображение целого комплекса графиков, реагирующих на каждое изменение условий работы лампы и поясняющих её (рис. 84*а*). На экране изображаются: семейство анодно-сеточных характеристик, оси i_a, $u_c = \varphi(t)$, динамическая характеристика, кривая напряжения, поданного на сетку и кривая анодного тока. Создание каждого из перечисленных изображений можно осуществить посредством методов, разобранных выше. Трудность состоит в одновременной демонстрации их, которая достигается быстрым поочерёдным переключением отклоняющих пластин на различные элементарные схемы. Переключение можно осуществлять как механическими, так и электронными коммутаторами. Для правильного взаимного расположения отдельных деталей изображения на экране на отклоняющие пластины подают не только переменные, но и постоянные напряжения. Блок-схема этой установки приведена на рис. 84*б*.

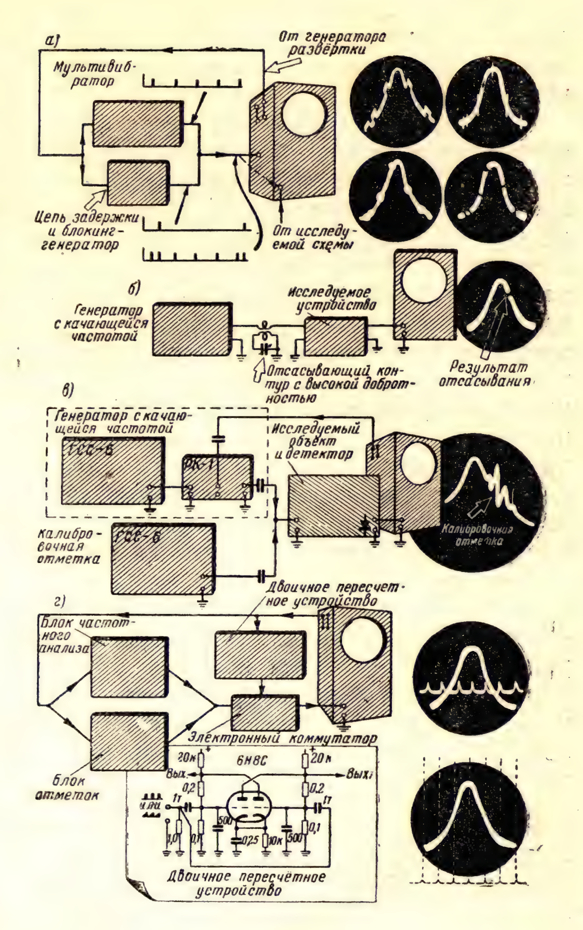
Большой практический интерес представляют устройства для нанесения калибровочных меток на оси или кривые. Эти метки используют для различных числовых отсчётов. Чаще всего встречается необходимость в отметках времени на кривых, изображающих зависимость какой-либо величины от времени. Обычно такие отметки получают путём подачи кратковременных импульсов

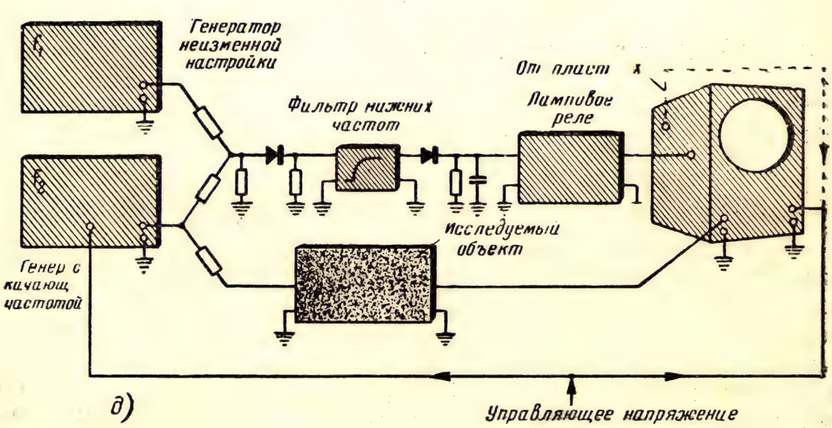
на управляющий электрод или второй анод трубки. В моменты поступления импульсов в первом случае на исследуемой кривой получаются разрывы вследствие запирания луча или яркие пятнышки подсветки, а во втором случае — утолщения за счёт расфокусировки. Калибровочные импульсы можно также подмешивать в канал *Y* и тогда отметки приобретают вид коротких вертикальных чёрточек на кривой.

Генератор калибровочных меток, который, как правило, представляет собой несимметричный мультивибратор или блокинг-генератор, обязательно нужно синхронизировать с генератором развёртки, иначе отметки будут прыгать по кривой. На рис. 85*а* показана одна из схем подобного рода, а также вид получаемых кривых с калибровочными отметками. Отсчёт интервалов времени можно осуществить, поместив перед осциллоскопом электронный коммутатор, на один вход которого подведено исследуемое напряжение, а на второй — синусоидальное напряжение от генератора. Сравнивая кривые и вычислив продолжительность периода эталонной частоты, можно определить длительность различных интервалов исследуемой кривой. Если в дополнение к этому обеспечить подачу на осциллоскоп достаточно большой амплитуды синусоидального эталонного напряжения, то вместо калибровочной синусоиды на экране можно получить сетку вертикальных калибровочных линий.

Значительно сложнее получаются частотные отметки при демонстрации функциональных зависимостей от частоты. Проще всего применить одну так называемую «блуждающую» отметку. Если в установке (рис. 85*б*) изменять настройку контура с высокой добротностью, отсасывающего энергию колебаний резонансной частоты, то на частотной кривой, изображаемой на экране, соответственно будет перемещаться небольшой пробел, местоположение которого соответствует резонансной частоте контура. Величину резонансной частоты можно прочесть по градуировке контура. Блуждающая отметка получается с более надёжными результатами, если используются биения между колебаниями генератора с качающейся частотой и эталонного генератора высокой частоты с постоянной настройкой. Простейшим примером применения такого принципа может служить схема рис. 85*в*. В те моменты, когда настройки обоих генераторов сближаются, получаются биения настолько низкой частоты, что они могут пройти через тракт канала *Y* и вызвать характерное искривление графика исследуемой функции. При изменении частоты эталонного генератора частотная отметка перемещается по кривой. Поскольку биения не синхронизированы с частотой качаний, то искривление, представляющее собой калибровочную метку, не остаётся неподвижным, а всё время меняет форму, «прыгает». Центральная часть калибровочной метки имеет наименьшее число периодов, наибольшую амплитуду и является отсчётной. Необходимо помнить, что блуждающая метка может быть получена также за счёт

Рис. 85. Схемы установок для получения калибровочных меток:
а) получение парных отсчётных меток, *б)* получение блуждающей метки отсасывающим контуром, *в)* получение блуждающей метки за счёт биений, *г)* получение сетки частотной шкалы. *д)* схема получения точных частотных меток





одной из высших гармоник эталонного генератора, вследствие чего результаты демонстрации окажутся в противоречии с расчётом.

При всей простоте схем метод блуждающей отметки не даёт возможности получить ряд отметок одновременно, т. е. получить шкалу. Для этого приходится ещё более усложнять установку. На рис. 85*г* показана схема, с помощью которой можно получить на экране, кроме частотной кривой, горизонтальную черту с отметками — шкалу частот. Эти два изображения получаются в различных схемах, причём схема получения отметок построена по тому же принципу, что и схема на рис. 85*а*. Переброска электронного коммутатора, поочерёдно подключающего к входу осциллоскопа указанные схемы, контролируется специальной «двоичной» (имеющей в основе счёта число 2) пересчётной схемой, вырабатывающей один импульс на каждые два поступающих, так что в один период развёртки прочерчивается калиброванная ось частот, а во второй — исследуемая кривая. Подобрав нужным образом усиление одного из каналов коммутатора, можно калибровочные отметки растянуть до получения сетки вертикальных штрихов.

Наиболее высокие качества, но вместе с тем и наибольшую сложность, для демонстрации различных характеристик имеет устройство, блок-схема которого приведена на рис. 85*д*. В этой схеме биения между напряжениями генераторов f_1 и f_2, возникающие в момент сближения генерируемых ими частот, детектируются, пропускаются через фильтр нижних частот с полосой пропускания всего 100 *гц* и вновь детектируются. Получающиеся импульсы постоянного тока управляют работой лампового реле, срабатывание которого даёт отрицательные импульсы, запирающие луч и, следовательно, вызывающие разрыв исследуемой кривой. Работа всей системы не изменится существенно, если генератор f_1 вместо чисто синусоидальной будет вырабатывать несинусоидальную кривую напряжения или, иначе, будет давать не одну частоту, а целый ряд гармоник. Тогда генератор f_2 с качающейся частотой будет давать биения со всеми гармониками, следствием чего будет появление целого ряда отметок вместо одной. Первая из отметок соответствует первой гармонике генератора f_1.

§ 14. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ КРИВЫХ В ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТАХ

Большое количество процессов принято представлять в полярных, а не прямоугольных координатах. Для демонстрации таких кривых на экране электронно-лучевой трубки применяют специальные схемы, известные под названием схем радиально-круговых развёрток. Они характерны тем, что развёртывающее, а зачастую и исследуемое напряжения подаются одновременно на обе пары отклоняющих пластин. В отличие от этого кривые в прямоугольных координатах получаются, когда развёртывающее

напряжение подают на одну пару пластин, а исследуемое — на другую.

Схема, приведённая на рис. 86*а* [Л56], является примером того, как получается радиально-круговая развёртка. На *Вход 1* прикладывают развёртывающее напряжение, а на *Вход 2* — напряжение, подлежащее исследованию. В табл. рис. 86*б* показаны кривые напряжений, подаваемых на *Вход 1* и *Вход 2,* и изображения на экране, которые при этом получаются.

В рассмотренной схеме на отклоняющие пластины со *Входа 1* подаются синусоидальные напряжения одной и той же частоты, но сдвинутые по фазе на 90° посредством цепочки *RC,* вследствие чего пятно описывает на экране окружность. Со *Входа 2* подаётся напряжение, управляющее радиусом этой окружности. Таким образом, здесь, согласно высказанному выше принципу, на обе пары пластин подаются оба вида напряжений: и развёртки, и исследуемое. Можно добиться того же эффекта, если подать исследуемое напряжение не на *Вход 2,* а на второй анод трубки. В последнем случае получается некоторая расфокусировка электронного луча.

Как видно из таблицы рис. 86*б,* при подаче на первый вход синусоидального напряжения, а на второй — пилообразного напряжения высокой частоты на экране получается растр

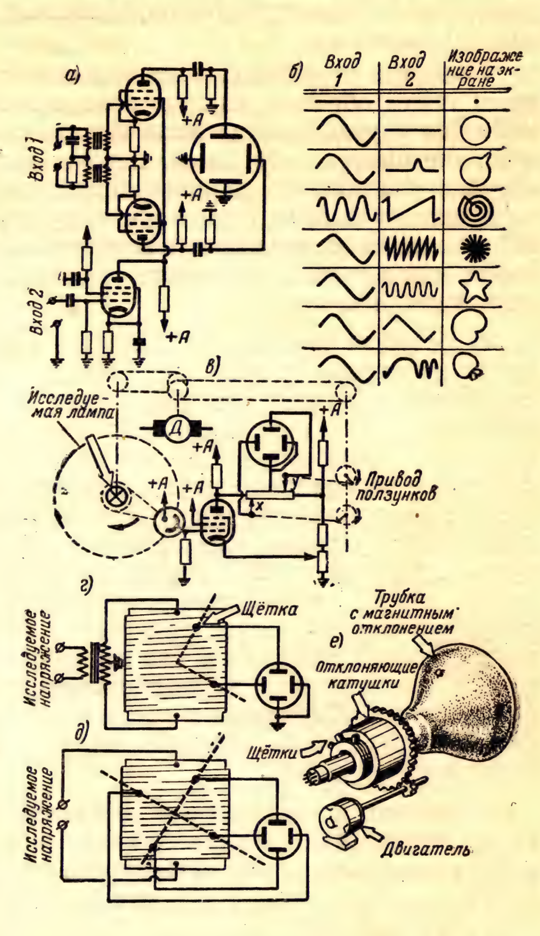


Рис. 86. Схемы и их детали для получения радиально-круговой развёртки:

а) чисто электронная схема, *б)* формы исходных напряжений и результат их воздействия, *в)* схема с потенциометрами, управляемыми двигателем, *г)* синусный потенциометр с двумя щётками, *д)* синусный потенциометр с четырьмя щётками, *е)* система с вращением отклоняющей системы

(т. е. сетка определённого рисунка), образованный радиальными линиями. Если каким-либо способом регулировать амплитуды пилообразного напряжения или в течение определённых интервалов развёртки гасить луч (подавая, например, импульсное напряжение на управляющий цилиндр трубки), то на экране можно получить световое пятно или фигуру как бы заштрихованные сеткой растра и соответствующие определённой характеристике в полярных координатах.

Подавать развёртывающее напряжение на отклоняющие пластины таким образом, как это показано на рис. 86*а*, удобно только в тех случаях, когда исследуемое напряжение изменяется достаточно быстро, т. е. имеет первую гармонику не ниже 50 *гц*. Однако в некоторых демонстрациях такую сравнительно высокую частоту первой гармоники получить не удаётся, тогда развёртывающие напряжения получают иными способами, основанными, как правило, на работе различных электромеханических устройств [Л56].

В качестве примера рассмотрим схему установки для получения на экране трубки характеристик интенсивности излучения осветительных приборов [Л56] (рис. 86*в*). Электродвигатель *Д* вращает специальное коромысло с укреплённым на нём фотоэлементом и одновременно два кривошипа, которые создают поступательное перемещение двух ползунков x и y потенциометра. Кривошипы расположены под углом 90°, вследствие чего синусоидальные напряжения, снимаемые с движков, оказываются сдвинутыми по фазе на 90°. Пятно на экране описывает замкнутую петлю, как и в предыдущей установке, но гораздо медленнее: один оборот на каждый оборот кривошипов. Радиус петли по различным направлениям изменяется, так как величина его зависит от напряжения, приложенного к потенциометру, т. е. в конечном итоге определяется напряжением выхода усилителя, собранного по мостовой схеме. Таким образом, петля является характеристикой в полярных координатах.

Возвратно-поступательное движение ползунков при большой скорости вращения вызывает сильный износ деталей. Меньшему износу подвержены так называемые синусо-косинусные потенциометры, которые дают более правильную форму напряжения. На рис. 86*г, д* приведены схемы соответственно двух- и четырёхщёточных потенциометров. Как видно, обмотка потенциометра намотана на плоский четырёхугольный каркас, а щётки, расположенные на взаимно-перпендикулярных радиусах, скользят по плоской поверхности. Так как витки обмотки уложены поперёк длины потенциометра, то можно считать, что сопротивление его изменяется только по длине намотки, а линии, перпендикулярные длине, являются эквипотенциальными. Отрезок сопротивления потенциометра, заключённый между каждой парой щёток в схеме рис. 86*д*, а следовательно, и напряжение на нём получаются про-

порциональными либо $\sin \varphi$, либо $\sin\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right) = \cos \varphi$ (для второй пары щёток). Для предыдущей схемы принцип остаётся тем же, но выходные напряжения будут меньше, так как каждое из них снимается с участка между одной из щёток и центром намотки потенциометра.

При изготовлении синусно-косинусного потенциометра необходимо добиться, чтобы витки обмотки были уложены самым аккуратным образом вплотную друг к другу и прочно закреплены. Круговая дорожка, зачищенная от изоляции, должна быть предельно гладкой и не вызывать излишнего износа или вибрации щёток. С этой целью каркас после обмотки проводом пропитывают изолирующим лаком и, зажав между стальными полированными поверхностями, подвергают длительному прогреву, в результате чего лак полимеризуется («высыхает») и прочно скрепляет витки провода. Посредством абразивного стакана, зажатого в сверлильный станок, зачищают от изоляции и зашлифовывают кольцевую дорожку, после чего производят сборку потенциометра.

В трубках с магнитным отклонением радиальная развёртка может осуществляться системой катушек, укреплённых на вращающемся стакане, как показано на рис. 86*е*. Ток к катушкам подводится посредством щёток и контактных колец.

Во всех рассмотренных системах желательно применять трубки с большим послесвечением экрана, так как осуществить очень быстрое вращение подвижных деталей, как правило, не удаётся.

Идея, заложенная в установке рис. 86*е*, может быть с успехом использована и для демонстрации различных других поляр-

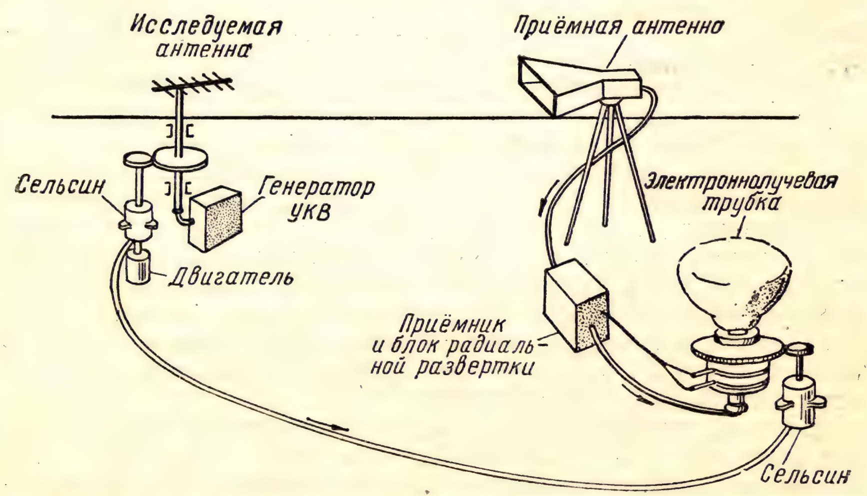


Рис. 87. Схема установки для демонстрации реальных характеристик направленности моделей антенн

ных диаграмм и, в частности, для исследования моделей антенн. В этом случае можно собрать установку, изображённую на рис. 87. Генератор укв питает уменьшенную модель антенны, которая равномерно вращается двигателем вокруг вертикальной оси. За пределами ближней зоны этой антенны располагается приёмник, снабжённый остронаправленной приёмной антенной, а также индикатор с электронно-лучевой трубкой. Редуктор поворота передающей (исследуемой) антенны связан с системой развёртки трубки, так что радиус развёртки в любой момент времени ориентируется на экране в строгом соответствии с положением антенны .Выход приёмника подаётся на индикатор и управляет величиной радиус-вектора пятна или кривой, иными словами выход приёмника подаётся на *Вход 2* системы развёртки, разобранной на рис. 86*б*. При сборке этой установки нет необходимости стремиться к получению очень большой мощности от генератора, так как может начать сказываться отражение от стен помещения и предметов обстановки.

Установка, схема которой приведена на рис. 88*а* [Л60], предназначена для получения кривых на фазовой плоскости, характеризующих работу различных устройств в диапазоне звуковых частот от 50 до 5000 *гц*. На вход её по отдельным каналам подаются два напряжения. Сигнал одного напряжения назовём условно опорным, второго — исследуемым. Опорный сигнал, определяющий начало отсчёта в полярных координатах, проходит усилитель α, двустороннее ограничение и дифференцирование. Короткие положительные импульсы, полученные после дифференцирования, через катодный повторитель запускают блокинг-генератор, который вырабатывает положительный подсвечивающий импульс с амплитудой 100 *в* и длительностью 2 *мксек*. Этот импульс подаётся на управляющий электрод электронно-лучевой трубки и отпирает луч.

Канал исследуемого сигнала состоит из двух усилителей низкой частоты α и β, которые играют роль широкодиапазонного расщепителя фазы. Параметры деталей усилителей подобраны так, что в рабочем диапазоне частот выходные напряжения усилителей, несмотря на то, что входы их включены параллельно, всегда по фазе оказываются сдвинутыми на 90°, а по амплитуде равными между собой и прямо пропорциональными амплитуде на входе. Напряжения с выходов этих усилителей подаются соответственно на горизонтальную и вертикальную развёртки осциллоскопа. Поскольку амплитуда напряжения выхода усилителей α и β имеет порядок 0,7 *в*, то чувствительность осциллоскопа по обеим осям должна быть значительной.

Если, не подавая опорного сигнала, приложить синусоидальное напряжение на вход канала исследуемого сигнала, то при соответствующей регулировке усилителей осциллоскопа на экране последнего появится окружность. Радиус окружности будет пропорционален приложенному (исследуемому) напряжению, а элек-

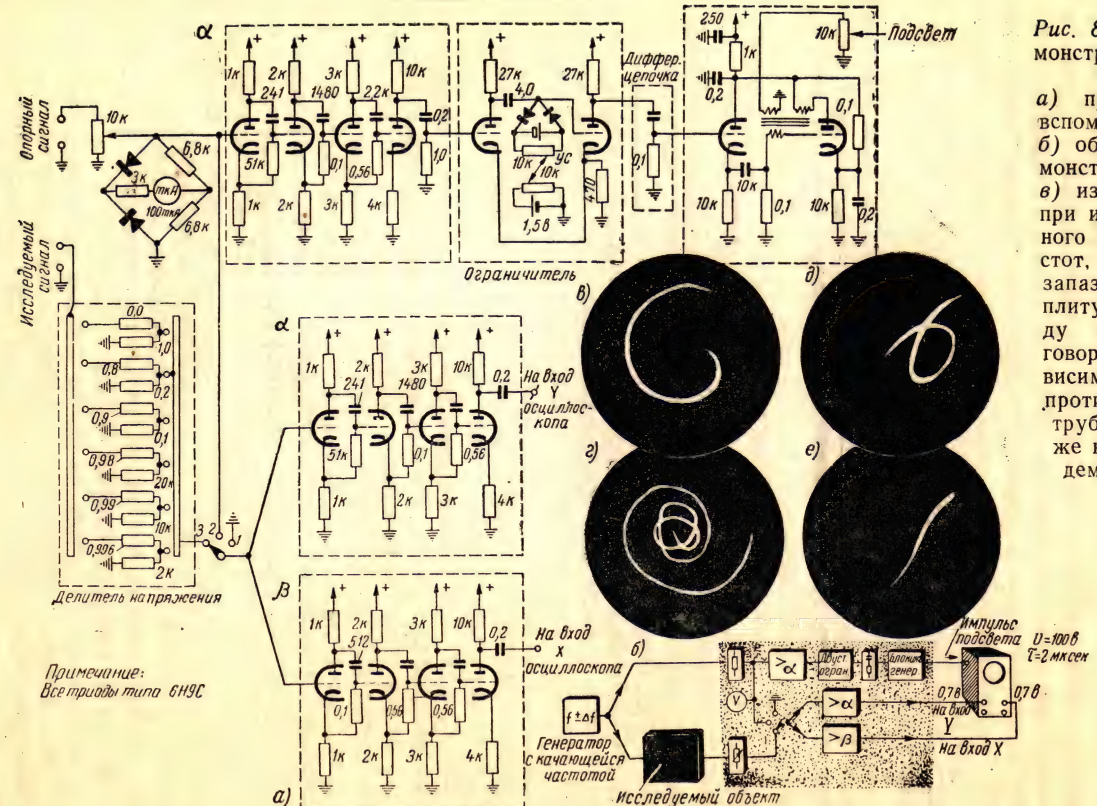


Рис. 88. Установка для демонстрации кривых на фазовой плоскости:

а) принципиальная схема вспомогательных блоков, *б)* общая блок-схема демонстрационной установки, *в)* изображение на экране при исследовании двухзвенного фильтра нижних частот, *г)* кривая зависимости запаздывания фазы и амплитуд от расстояния между микрофоном и громкоговорителем, *д)* кривая зависимости комплексного сопротивления телефонной трубки от частоты, *е)* та же кривая, но при жёстком демпфировании мембраны

тронный луч будет описывать эту окружность, двигаясь с постоянной скоростью и совершая один оборот за каждый период приложенного напряжения. Эта окружность фактически будет годографом вектора приложенного напряжения во времени на фазовой плоскости.

При работе установки исследуемый сигнал берут с выхода исследуемого объекта, а опорный — с его входа, как показано на общей блок-схеме рис. 88*б*. Благодаря действию опорного сигнала на экране будет видна не вся окружность, а только та её часть, которая приходится на интервал времени подсвета. Фактически на экране появится только точка. Так как исходным источником в данной установке является генератор с качающейся частотой, то за каждый период постепенно изменяющейся частоты на экране будет появляться отдельная точка. В общем за полный цикл изменения (качания) частоты на экране будет прочерчиваться фазовая кривая.

В рассматриваемой установке погрешность угла не превышает $\pm 2°$, а погрешность длины вектора $\pm 10\%$, что даёт возможность проводить не только качественные демонстрации, но и количественные измерения.

Для начальной регулировки предусмотрен переключатель на три положения. В первом положении на входе усилителей исследуемого сигнала напряжение отсутствует и на экране осциллоскопа появляется точка, представляющая собой полюс полярных координат. Эту точку, манипулируя рукоятками осциллоскопа, надлежит поместить в центре экрана(электрический центр), заранее отмеченном точкой или маленьким кружком, нанесённым жировым карандашом непосредственно на стекло колбы трубки. Одновременно делитель напряжения канала опорного сигнала ставят в такое положение, чтобы стрелка вольтметра отклонилась на половину шкалы, что соответствует 1 *в*.

Во втором положении переключателя на вход канала исследуемого сигнала поступает опорный сигнал, в результате чего точка перемещается из центра в другое место на экране. Теперь она показывает направление нулевой фазы. Если эту точку соединить с центром экрана, получится начальное положение радиус-вектора. Теперь можно увеличить яркость, луч станет запираться не полностью и будет видна вся окружность. При этом усиление вертикального и горизонтального усилителей осциллоскопа нужно отрегулировать так, чтобы окружность на экране по возможности имела правильную форму и радиус примерно в два раза меньше радиуса экрана. Уменьшив яркость до прежнего значения, переключатель ставят в третье положение и получают на экране изображение фазовой кривой.

Делитель напряжения на входе канала исследуемого сигнала даёт возможность подавать напряжения от 1 до 500 *в*.

Нужно иметь в виду, что для получения высокой угловой точности необходимо тщательно подобрать как общий уровень огра-

ничения (регулируется потенциометром *УС*), так и величину скачка от положительного уровня ограничения к отрицательному (регулируется потенциометром *ОС*).

На рис. 88*в, г, д* и *е* приведены для примера четыре кривые, полученные посредством этой установки и иллюстрирующие её возможности.

Кривая *в* представляет фазовую характеристику двухзвенного фильтра нижних частот, имеющего частоту среза 500 *гц*. По мере возрастания частоты вектор поворачивается против часовой стрелки, отмечая изменения фазы, и одновременно укорачивается, регистрируя возрастание затухания.

Кривая *г* получена в эксперименте, в котором опорным напряжением являлось напряжение на громкоговорителе, а исследуемым — на выходе микрофона, причём изменялась не частота, а расстояние между микрофоном и громкоговорителем. Поворот фазы получался на 360° на каждую длину волны в воздухе. Соответственно росту расстояния происходило уменьшение величины радиус-вектора.

Кривая *д* изображает участок диаграммы комплексного сопротивления телефонной трубки. Телефонная трубка питается током неизменной амплитуды, которому пропорционально опорное напряжение. Исследуемое напряжение снимается с зажимов трубки.

Кривая *е* снята при тех же условиях, но при жёстко задемпфированной мембране.

Описанная установка собрана на лампах типа 6Н9С и может принести пользу для ряда других демонстраций, например, исследования устойчивости систем с обратной связью, фазовращающих устройств и т. п. Нужно заметить, что по кривой на экране можно определять не только фазу и длину радиус-вектора, но также, находя проекции в системе прямоугольных координат, отыскивать вещественную и мнимую составляющие.

Ряд демонстраций можно производить путём последовательного наблюдения и регистрации точки, для чего, очевидно, придётся заменить генератор с качающейся частотой обычным генератором с настройкой, осуществляемой вручную.

§ 15. ПОЛУЧЕНИЕ НА ЭКРАНЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКИ ТРЁХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Как уже отмечалось выше, плоская или двухмерная кривая, которую обычно получают на экране электронно-лучевой трубки, может изображать функциональную связь всего двух переменных. Установки, схемы которых приведены на рис. 78 и им подобные, дают возможность получать семейства кривых, т. е., кроме зависимости от переменных, ввести зависимость от параметра. Отдельные кривые семейства соответствуют различным дискретным значениям параметра. Связь между тремя переменными ве-

личинами выражается не кривой на плоскости, а поверхностью в пространстве, которая вообще будет криволинейной. Такую поверхность зачастую трудно представить и изобразить, поэтому ею избегают пользоваться, а взяв одну переменную в качестве параметра, рассматривают семейство плоских кривых. По сути дела кривые этого семейства являются сечениями поверхности системой параллельных друг другу плоскостей (рис. 89*а*). На рис. 89*б* показан переход от трёхмерной характеристики к обычно применяемому семейству резонансных кривых.

На экране электронно-лучевой трубки можно демонстрировать не только плоские кривые, но и целый ряд криволинейных поверхностей по принципу получения семейства характеристик ламп, рассмотренному выше. Его можно кратко сформулировать следующим образом. За каждый период развёртывающего напряжения прочерчивается одна кривая, причём отклонение луча по одной оси происходит пропорционально величине независимой переменной, отклонение по другой — пропорционально величине зависимой переменной, а в интервалы между отдельными периодами развёртки происходит скачкообразное изменение второй независимой переменной — параметра.

Для создания на экране трёхмерных (т. е. аксонометрических) изображений необходимо сначала получить семейство кривых, затем начало координат этих кривых надо смещать в соответствии с изменением параметра, образуя новую, расположенную уже в перспективном изображении, ось параметров. Эта ось должна быть расположена под определёнными углами к осям прямоугольных координат. Если теперь какими-либо средствами добиться поворота осей x и y, а также изменить масштаб вдоль этих осей, то можно получить любую перспективную проекцию.

Координатную ось или прямую, параллельную ей, на экране электронно-лучевой трубки получают, подавая переменное напря-

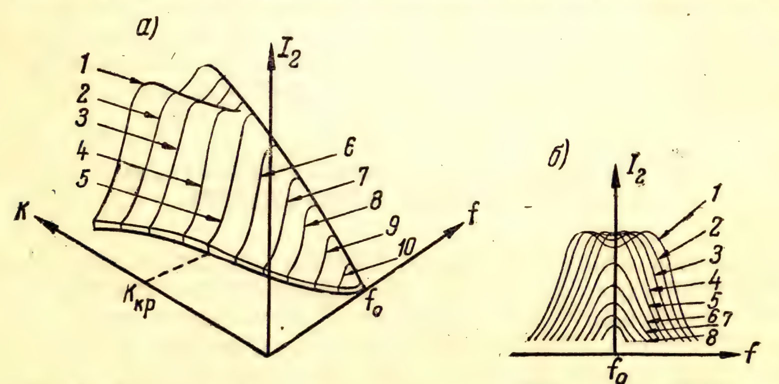


Рис. 89. Переход от семейства «плоских» кривых к пространственной характеристике:
а) трёхмерная кривая, *б)* двухмерная кривая

жение только на одну пару отклоняющих пластин. Для получения наклонной линии необходимо часть напряжения, подаваемого на одну пару пластин, одновременно прикладывать и ко второй паре. Таким образом, для получения трёхмерных изображений в дополнение к приёмам, обеспечивающим получение семейства кривых, необходимо развёртывающее напряжение прикладывать не только к одной, но одновременно и ко второй паре пластин.

Изображение на экране можно смещать в любом направлении также и при помощи дополнительных отклоняющих катушек, надетых на горловину трубки. При таком способе напряжение второй независимой переменной нужно, очевидно, прикладывать уже к дополнительной катушке.

Перераспределяя напряжения между отклоняющими пластинами, можно поворачивать оси, а с ними и всё изображение, т. е. как бы изменять точку зрения на пространственную поверхность. Если в дополнение к этому применить неравномерную, прогрессивно замедляющуюся развёртку вдоль повёрнутых осей, а также регулировку усиления напряжения функций и параметра по мере нарастания напряжения развёртки, то можно получить сокращения, необходимые для перспективы.

Из сказанного выше следует, что на отклоняющие пластины приходится прикладывать не только те напряжения, которые необходимы для получения семейства кривых, но и ряд дополнительных. В связи с этим возникает задача сложения нескольких напряжений от различных источников, которое должно производиться таким образом, чтобы не возникало паразитной связи между этими источниками и чтобы отдельные слагаемые входили в сумму в определённых, заранее установленных пропорциях. Этим требованиям удовлетворяет ряд схем, изображённых на рис. 90 [Л13, стр. 19]. Приведённые расчётные формулы справед-

$$1.\ U_{вх} = \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \ldots + \frac{U_n}{R_n}\right) R_{вх}.$$

$$U_{вх1} = \frac{R_{вх}}{R_{вх} + R_1} U_1; \quad U_{вхn} = \frac{R_{вх}}{R_{вх} + R_n} U_n;$$

$$2.\ U_{вх} = \frac{U_1C_1 + U_2C_2 + \ldots U_nC_n}{C_{вх}}.$$

$$U_{вх1} + \frac{C_1}{C_1 + C_{вх}} U_1; \quad U_{вхn} = \frac{C_n}{C_n + C_{вх}} U_n;$$

$$3.\ U_{вх} = \left(\frac{U_1}{L_1} + \frac{U_2}{L_2} + \ldots + \frac{U_n}{L_n}\right) L_{вх},$$

$$U_{вх1} = \frac{L_{вх}}{L_{вх} + L_1} U_1; \quad U_{вхn} = \frac{L_{вх}}{L_{вх} + L_n} U_n$$

Рис. 90. Схемы для сложения напряжений и расчётные формулы

ливы только в том случае, когда в реальном устройстве параметры отдельных цепей соответствуют схеме. Например, первая и третья формулы будут давать заметные погрешности, если ёмкость входа устройства, на которое подаётся суммарное напряжение, будет значительной.

Можно также использовать более сложные схемы, состоящие, например, из цепочек *R* и *C* или *L* и *R* вместо сопротивлений в первой схеме. При этом соотношения между напряжениями и токами в схеме сложения не изменятся, если вместо синусоидальных складывать несинусоидальные напряжения. Для устойчивой работы необходимо, чтобы сопротивление деталей с индексом *вх* было меньше всех иных, в том числе и входного сопротивления устройства, куда поступает суммарное напряжение.

В таблице на рис. 91 (вклейка) показаны отдельные этапы образования трёхмерного изображения волновой синусоидальной поверхности на экране осциллоскопа. Как видно, ось *z*, представляющую собой ось параметров, а также изображения всех прямых, параллельных ей, получают за счёт того, что на обе пары отклоняющих пластин подаётся относительно медленная развёртка, в данном случае — пилообразное напряжение 25 *гц*. Нужный наклон оси аргумента *x* обеспечивается подачей пилообразного напряжения 1 *кгц* не только на горизонтальные, но и на вертикальные пластины. Ось *y*, являющаяся осью функции от параметра и аргумента, направлена вертикально и преобразованию не подвергается.

В таблице для удобства кривые напряжений, у которых необходимо изменять амплитуду для получения перспективных сокращений, перечёркнуты стрелкой. Под кривыми указаны числовые значения их частот, а у стрелок — частота, с которой изменяется амплитуда.

Следовательно, для получения трёхмерного изображения нужно руководствоваться следующими принципами:

1. Выбрать в демонстрируемом явлении функцию, аргумент и параметр; обеспечить как автоматическое периодическое изменение этих величин, так и получение напряжений, пропорциональных им.

2. Напряжение функции подать на вертикально-отклоняющие пластины, а напряжение аргумента и параметра — одновременно и на вертикальные, и на горизонтальные. Процентное распределение каждого из этих напряжений определяет наклон оси (точку зрения, с которой наблюдается исследуемая поверхность).

3. Для получения перспективного сокращения необходимо изменять амплитуду напряжений аргумента и функции, применяя в качестве напряжения для развёртки по оси *z* пилообразное напряжение с нелинейным законом нарастания.

В целях создания более отчётливого представления о форме поверхности, получаемой на экране, желательно на изображение поверхности нанести яркостные метки, образующие следы пере-

Форма и частота напряжений на пласт. X	Произвольные	—	Произвольные	7 кгц	6 кгц + 1 кгц	7 кгц + 1 кгц	7 кгц 25 гц + 1[illegible]ц	1 кгц	1 кгц + 25 гц	1 кгц
Форма и частота напряжений на пласт. У	—	Произвольные	Часть напряжения, приложенного к пластинам X	1 кгц	1 кгц	7 кгц + 1 кгц	7 кгц 25 гц + 1 кгц	2 кгц	2 кгц	2 кгц + 25 гц
Изображение на экране трубки и расположение осей	X	У		Z, x	Z, x	Z, x	Z, x	у, x	у, z, x	у, z, x
Примечания	Изображается только ось X	Изображается только ось У	Изображается ось с произвольным наклоном	Изображается плоскость ZX, расположенная фронтально	Изображается плоскость ZX в диметрической проекции. Пунктиром обведены напряжения, обеспечивающие наклон оси Z	Изображается плоскость ZX в изометрической проекции	Изображается плоскость ZX в центральной (перспективной) проекции. Напряжение 7кгц изменяется по амплитуде с частотой 25 гц	Плоская кривая в плоскости УX или сечение волновой поверхности этой плоскостью Ось Z расположена перпендикулярно экрану	Ось Z располагается в горизонтальной плоскости и поэтому сливается с осью X	Ось Z располагаетс[я] в вертикальной плоскости. Вид сверху спереди

Рис. 91. Этапы образования изображения волновой синусоидальной поверхности

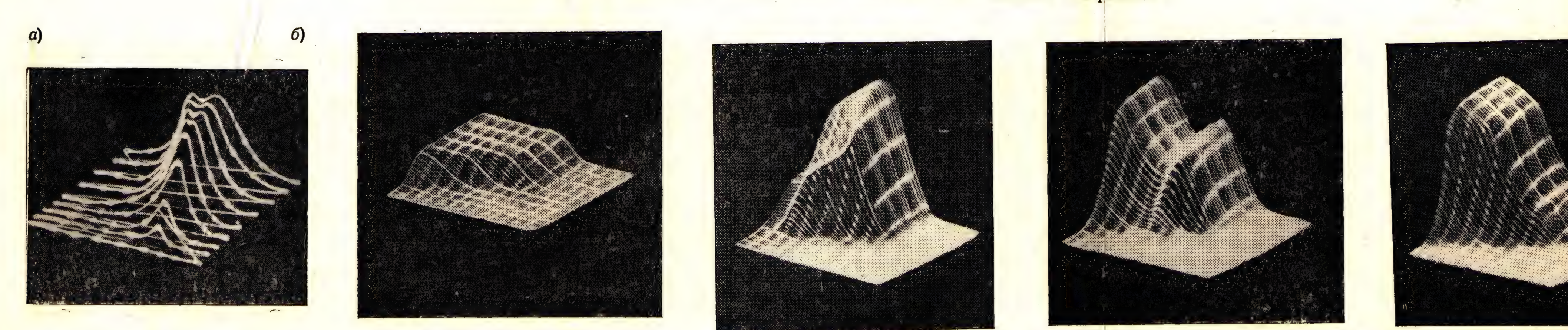
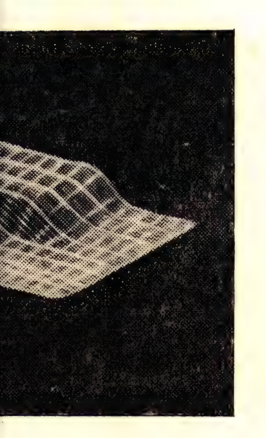
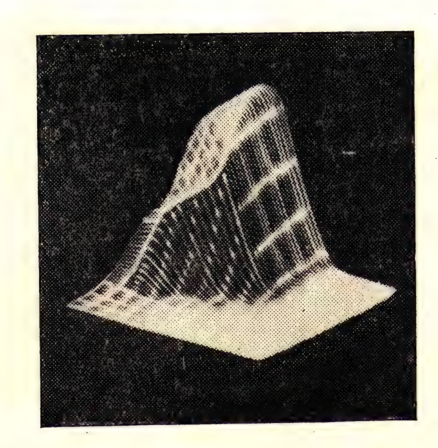


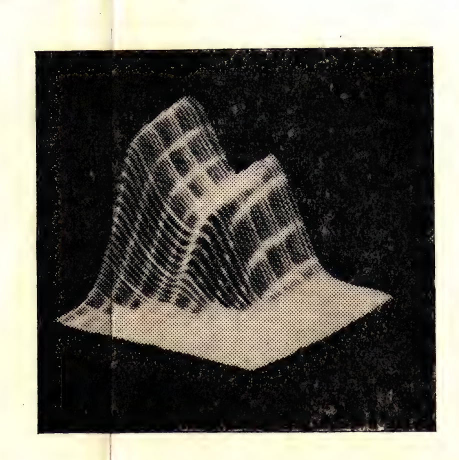
Рис. 92. Трёхмерные изображения на экране электронно-лучевой трубки с яркостными отметками

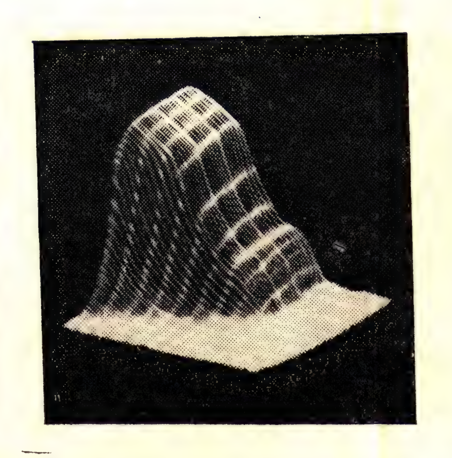
	Произвольные	7 кгц	6 кгц + 1 кгц	7 кгц + 1 кгц	7 кгц 25 гц + 1к ц	1 кгц	1 кгц + 25 гц	1 кгц	1 кгц + 300 гц	1 кгц + 300 гц	1 кгц 25 гц + 300 гц
	Часть напряжения, приложенного к пластинам X	1 кгц	1 кгц	7 кгц + 1 кгц	7 кгц 25 гц + 1 кгц	2 кгц	2 кгц	2 кгц + 25 гц	2 кгц + 300 гц	2 кгц + 1 кгц + 300 гц	2 кгц 300 гц + 1 кгц 300 гц + 300 гц
		Z, x	Z, x	Z, x	Z, x	y, x	y, Z, x	y, Z, x	y, Z, x	y, Z, x	y, Z, x
…ль-	Изображается ось с произвольным наклоном	Изображается плоскость ZX, расположенная фронтально	Изображается плоскость ZX в диметрической проекции. Пунктиром обведены напряжения, обеспечивающие наклон оси Z	Изображается плоскость ZX в изометрической проекции	Изображается плоскость ZX в центральной (перспективной) проекции. Напряжение 7 кгц изменяется по амплитуде с частотой 25 гц	Плоская кривая в плоскости YX или сечение волновой поверхности этой плоскостью Ось Z расположена перпендикулярно экрану	Ось Z располагается в горизонтальной плоскости и поэтому сливается с осью X	Ось Z располагается в вертикальной плоскости. Вид сверху спереди	Диметрическое изображение волновой поверхности	Изометрическое изображение волновой поверхности	Волновая поверхность в перспективе

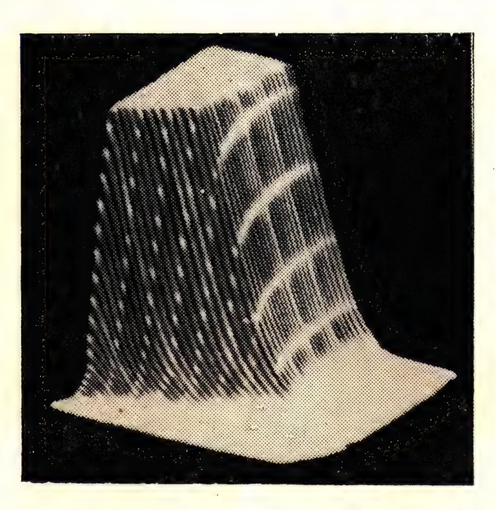
Рис. 91. Этапы образования изображения волновой синусоидальной поверхности



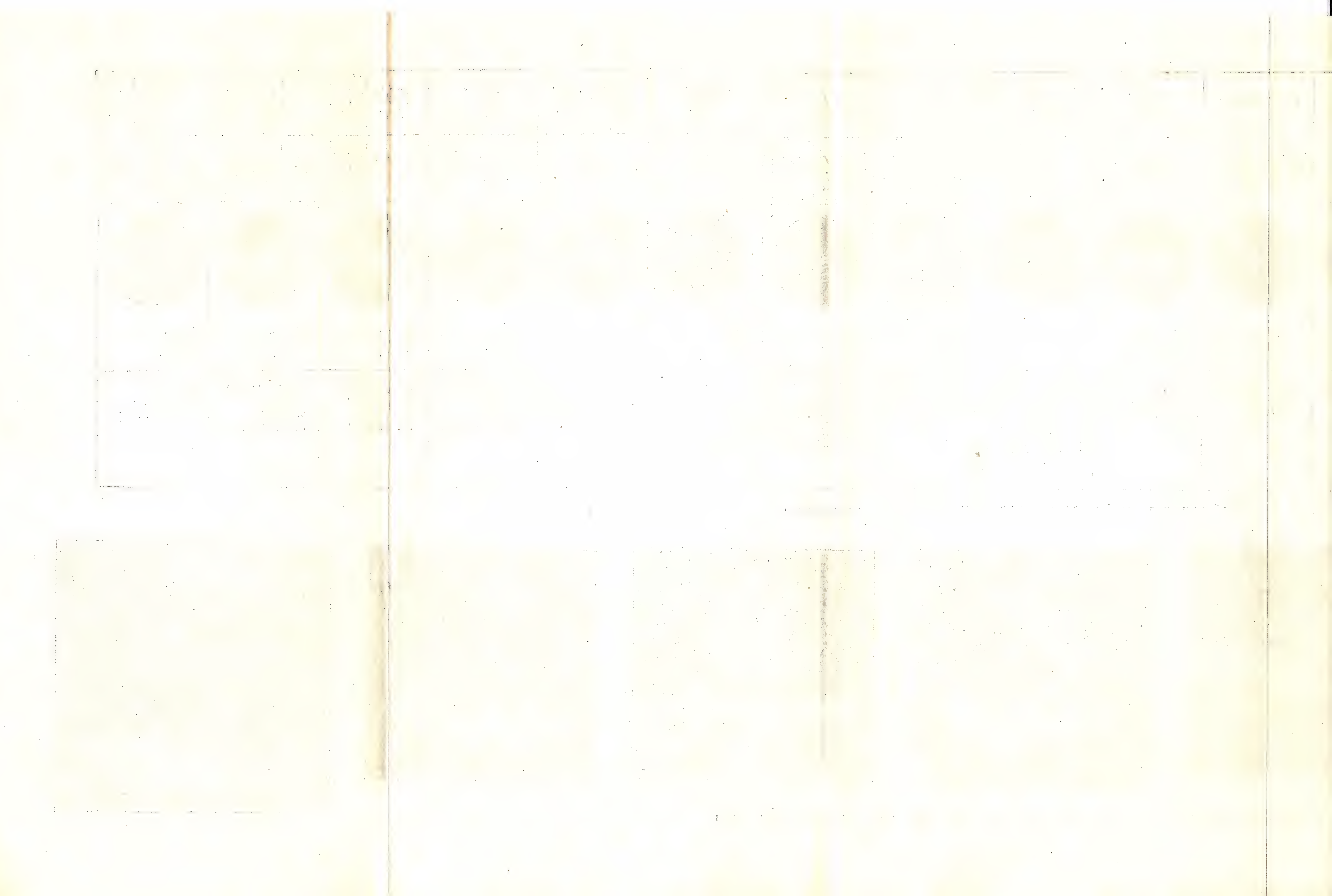








Трёхмерные изображения на экране электронно-лучевой трубки с яркостными отметками



сечения исследуемой поверхности с системой взаимно-параллельных плоскостей (рис. 92). Эти плоскости удобно выбирать расположенными параллельно ортогональным плоскостям xy и yz. При развёртке пилообразным напряжением импульсы подсветки удобно синхронизировать с этим напряжением. Набор двух взаимно-перпендикулярных групп параллельных плоскостей образует координатную решётку. Яркостные отметки, соответствующие каждой группе плоскостей, вырабатываются отдельной схемой, обычно синхронизированным мультивибратором или блокинг-генератором. Частота импульсов, вырабатываемых схемой подсветки, должна быть в целое число раз больше частоты соответствующей пилы развёртки. Отметки, соответствующие пересечению с плоскостями, параллельными ортогональной плоскости y, должны иметь частоту в n раз бо́льшую частоты развёртки по оси x. Они представляют собой яркие точки на кривых, причём отдельные группы точек располагаются на плоскостях, параллельных плоскости yz. Вторая группа яркостных отметок, кратная частоте медленной пилы, даёт увеличение яркости отдельных кривых. Рисунок 92 (вклейка) [Л56, ч. II] даёт возможность судить о результатах использования яркостных отметок. На рис. 92*а* представлена зависимость тока во втором из связанных контуров (функция) от частоты (аргумент) и коэффициента связи. На рис. 92*б* даны зависимости анодного тока (функция) от анодного напряжения (аргумент) и сеточного смещения (параметр) при разных значениях напряжения на экранирующей сетке.

Блок-схемы установок, в которых получены изображения (рис. 91 и 92) представлены на рис. 93. В качестве генератора пилообразного напряжения использованы блоки развёрток осциллоскопов. Для удобства на чертеже выводы от отклоняющих пластин и усилителей осциллоскопа изображены сбоку, тогда как в

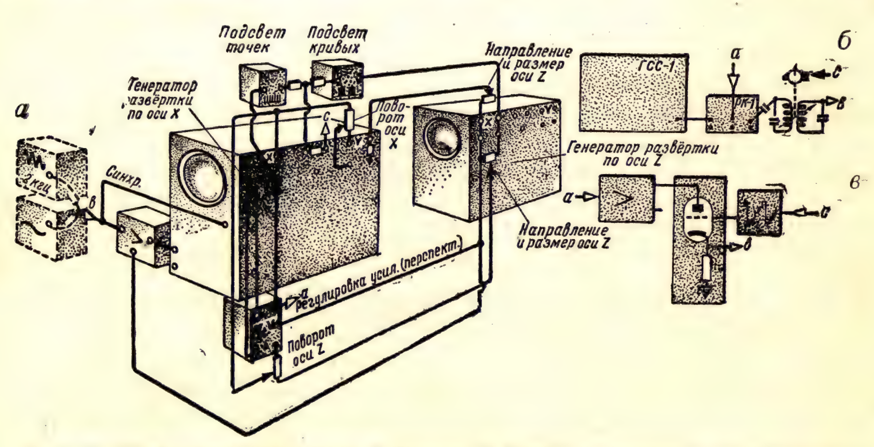


Рис. 93. Блок-схемы установок, с помощью которых получены изображения рис. 91 и 92

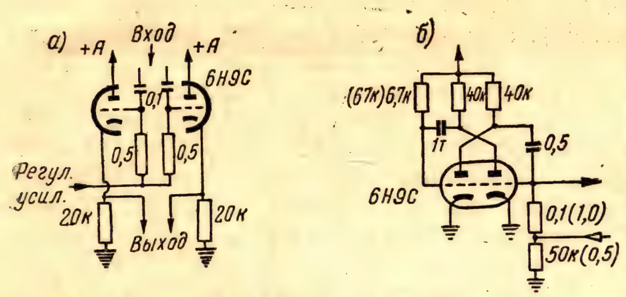


Рис. 94. Схемы блоков:
а) схема усилителя, введённого для получения перспективных сокращений, *б)* схема блока, генерирующего импульсы подсвета

действительности в большинстве осциллоскопов, и в том числе у ЭО-5, они размещены сзади. Усилители, введённые для получения перспективных сокращений, можно собрать по схеме, изображённой на рис. 94*а*. Блоки, осуществляющие генерирование импульсов подсвета (рис. 94*б*) имеют одинаковые схемы, но различаются по электрическим параметрам деталей. Блок подсвета точек даёт импульсы длительностью порядка 100 *мксек* и частотой следования 50 *кгц,* а блок подсвета кривых — соответственно 1000 *мксек,* 5 *кгц*. Величины деталей генератора импульсов подсвета кривых проставлены в скобках.

Для того чтобы получить криволинейную поверхность, изображённую на рис. 92*а* необходимо вместо синусоид с частотой 2 *кгц* и 25 *гц* на вход вертикального усилителя перспективных сокращений (стрелка *в,* рис. 93*а*) подать напряжение с выхода схемы рис. 93*б,* которая состоит из генератора с качающейся частотой (сочетание ГСС-6 с РК-1) и системы связанных контуров, подлежащих исследованию. Напряжение, являющееся аргументом, управляет качанием частоты (стрелка *а),* а напряжение изменения параметра (стрелка *с*) управляет работой электродвигателя, который вращает одну из катушек связанных контуров, и этим изменяет коэффициент связи между ними. Кривые рис. 92*б* получены на этой же установке, причём напряжение функции снимается с выхода схемы рис. 93*в* (стрелка *с*). Здесь напряжение аргумента через обычный усилитель подаётся (стрелка *а*) на анод исследуемой лампы, а напряжение изменения параметра управляет работой генератора ступенчатого напряжения.

Метод демонстраций, при котором вводятся перспективные сокращения, разработан ещё мало.

§ 16. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКИ СОВМЕСТНО С ФОТОЭЛЕМЕНТОМ

Принципиально новые возможности открываются для демонстраций при применении трубки в сочетании с фотоэлементом или фотоэлектронным умножителем. Такую систему можно поставить в режим генерации с самовозбуждением так, чтобы одним из

участков тракта обратной связи являлся световой поток между экраном трубки и светочувствительным катодом фотоэлемента.

На рис. 95 приведена схема установки, в которой электронно-лучевая трубка использована для генерирования периодического напряжения заранее выбранной формы. В этой установке перед экраном трубки установлен фотоэлемент, а экран частично закрыт непрозрачным шаблоном, вырезанным по кривой того напряжения, которое желательно получить. На горизонтально-отклоняющие пластины трубки подано пилообразное напряжение развёртки низкой частоты (можно подать и синусоиду, если соответствующим образом изменить форму шаблона).

На вертикально-отклоняющие пластины подаётся напряжение с выхода усилителя, на вход которого подключён фотоэлемент или фотоумножитель, установленный перед экраном. Полярность включения усилителя такова, что при увеличении напряжения на выходе фотоэлемента пятно на экране смещается вниз. В результате во время развёртки пятно движется по контуру шаблона так, что виден только край его. Как только пятно поднимется выше, напряжение фотоэлемента возрастёт и на пластины Y поступит напряжение, отклоняющее пятно книзу и наоборот. Таким образом, напряжение на вертикально-отклоняющих пластинах оказывается в прямой зависимости от формы шаблона и может быть использовано для самых различных целей.

По такому же принципу можно построить установку с круговой развёрткой. В этом случае напряжение с выхода усилителя нужно подавать на второй анод трубки, пятно развёртывать по окружности, а шаблон выполнить в форме диска или кольца соответствующей конфигурации.

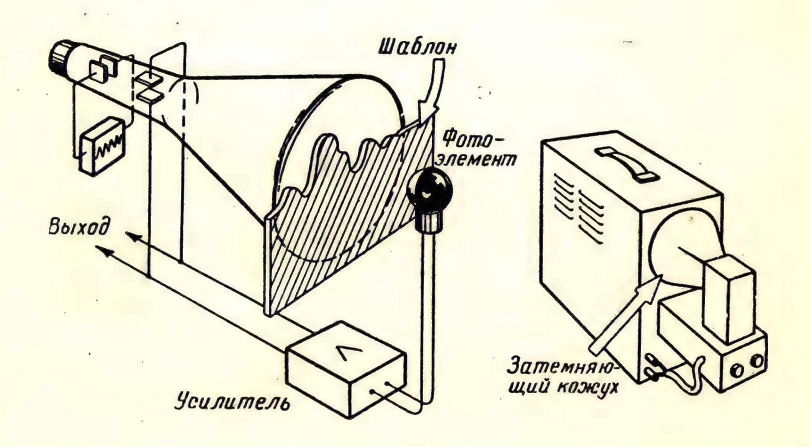


Рис. 95. Схема установки для генерирования напряжений, имеющих форму, заданную формой шаблона

Используя шаблон определённой формы, можно построить установку автоматического регулирования с заданной характеристикой регулирования. Напряжения произвольной формы, генерируемые описанной выше установкой, удобно использовать при изучении гармонического анализа и для множества других целей.

Точность и чёткость работы в таких системах зависят от времени послесвечения экрана и постоянной времени цепей усилителя; очевидно, что при более высоких частотах постоянная времени должна быть меньше. Можно применить более простой усилитель с менее тщательной экранировкой, если использовать фотоумножитель, который на выходе даёт большее напряжение.

На рис. 96 изображена установка для демонстрации принципа телевизионной передачи. В ней имеются два осциллоскопа. Один выполняет роль телевизионного передатчика, а второй — приёмника. Развёртка по обеим осям у обоих осциллоскопов объединена и генераторами развёртки служат генераторы пилообразного напряжения, имеющиеся в осциллоскопах. Развёртка по оси x производится с частотой в несколько десятков или даже сотен раз более высокой, чем по оси y. В результате на обоих экранах получается линейный телевизионный растр. Изменяя соотношение частот генераторов развёртки, можно получать растры с различным числом строк.

Перед осциллоскопом-передатчиком под затемняющим козырьком установлен фотоэлемент, включённый на вход усилителя, в качестве которого можно использовать усилитель от кинопередвижки. Выход усилителя включается на управляющий электрод трубки осциллоскопа-приёмника. Усилитель должен пропускать

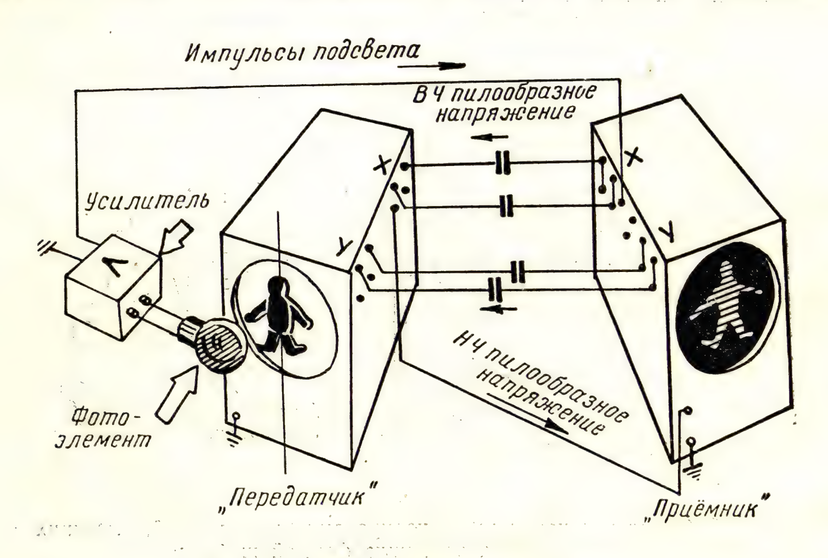


Рис. 96. Макет телевизионного тракта

широкую полосу частот в соответствии с числом строк и частотой кадров.

Если на растр экрана передатчика наложить какую-либо фигурку, вырезанную из чёрной бумаги, то на экране приёмника появится тень такой же формы. Дёргая за ниточки, можно фигурку привести в движение и таким образом демонстрировать передачу «подвижных» изображений. На этой установке можно показать влияние числа строк развёртки и полосы пропускания на чёткость изображения, получение негатива и позитива и провести ряд других полезных демонстраций по курсу телевидения.

§ 17. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ТРУБОК СПЕЦИАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

При разборе принципов построения наглядных пособий, содержащих электронно-лучевые трубки, во многих случаях было указано, в каком направлении можно работать дальше. Однако речь шла об использовании электронно-лучевых трубок, выпускаемых промышленностью. Между тем ряд учебных заведений имеет возможность заказывать или своими силами изготавливать электронно-лучевые трубки специальных конструкций. Если вскрыть готовую трубку и ввести внутрь некоторые добавочные детали, то можно таким образом создать новый прибор, расширяющий демонстрационные возможности.

Рассмотрим два наглядных пособия, которые могут дать представление об открывающихся перспективах.

Первое из них предназначается для демонстрации конфигурации электрических полей сложной формы [Л41]. Пользуясь методом аналогий, можно полученные результаты распространить на магнитное поле. Основой этого пособия является электронно-лучевая трубка, в которой за электронной пушкой установлена тонкая проволочная сетка с квадратными ячейками, имеющая положительный потенциал относительно катода. За сеткой помещены плоские металлические электроды, вырезанные по нужному контуру. На экране такой трубки получается «электронная» тень фигурных электродов на фоне координатной сетки, изображающей электрическое поле в форме электрических линий и эквипотенциальных поверхностей. Если между плоскими электродами создать некоторую разность потенциалов, то изображение на экране исказится и отразит строение электрического поля.

Другое наглядное пособие предназначено для пояснения механизма повышения ионизации и появления северных сияний на полюсах земного шара. Оно представляет собой электронно-лучевую трубку, на дно колбы которой не нанесён люминофор; внутрь трубки, в широкую её часть введён стальной намагниченный шар, покрытый слоем люминофора. После подачи питающих напряжений на поверхности стального шара появляются два светящих-



Рис. 97. Наглядное пособие для пояснения повышенной ионизации и появления северных сияний на полюсах земного шара

ся пятна в районе магнитных полюсов.

Имеется видоизменение этого наглядного пособия (рис. 97) [Л63]. Стальной намагниченный шар, раскрашенный, как глобус, находится вне колбы, а внутри последней — разрежённый аргон или неон. Под влиянием тонкого сфокусированного пучка электронов газ начинает светиться, показывая траекторию полёта электронов в ионосфере. Здесь легко показать, что электроны «навиваются» на силовую трубку земного магнетизма и попадают в атмосферу в основном в приполярных районах.

ГЛАВА III

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ АНАЛОГИИ

§ 18. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Возможность изготовления самыми простыми средствами наглядных пособий по радиотехнике с привлечением механических и гидравлических аналогий привели к очень широкому их распространению.

Принцип, на котором строятся все аналогии, состоит в том, что в ряде случаев различные по содержанию явления подчиняются одним и тем же математическим законам. Благодаря этому удаётся одну категорию явлений пояснить с помощью совсем иных явлений, более доступных усвоению. Наиболее понятными и доступными по восприятию являются механические и гидравлические явления и соответственно механические и гидравлические аналогии. Неоценимым преимуществом таких аналогий является возможность пояснять явления, протекающие во времени, в динамике их развития.

С точки зрения методики преподавания демонстрация различных аналогий отличается от демонстрации изучаемых явлений в их непосредственном виде. Демонстрацию аналогии обязательно приходится начинать с чёткой формулировки принятых условностей и указания того, что определённые параметры аналогии соответствуют столь же определённым и конкретным параметрам оригинала. Нужно также учитывать, что пользование аналогией может увести внимание учащихся в сторону от главного вопроса. Поэтому, проводя демонстрацию аналогии, преподаватель непрерывно должен возвращаться к явлению-оригиналу, всячески «тушить» впечатление от аналогии как установки и всемерно привлекать внимание к поясняемому явлению. Выше указывалось, что нельзя применять слишком запутанных аналогий, которые не облегчают, а затрудняют усвоение материала.

§ 19. МЕХАНИЧЕСКИЕ АНАЛОГИИ

Наиболее популярной аналогией, применяемой в наглядных пособиях по радиотехнике, является маятник, изображающий ко-

лебательный контур. В отклонённом маятнике, как в электрическом поле конденсатора, запасена потенциальная энергия, а в маятнике, проходящем через среднее положение, имеется запас кинетической энергии, подобной той, которая запасена в магнитном поле катушки. Активные потери контура можно представить в маятнике потерями на трение, а внешнюю эдс — толчками от часового механизма, электродвигателя или иного источника энергии.

Можно применить маятники с поступательным или вращательным движением. В них более наглядно удаётся представить отдельные параметры контуров. В маятниках с поступательным движением упругость пружины хорошо имитирует ёмкость, масса груза — индуктивность, трение — сопротивление (рис. 98*а*). Возбуждение такого маятника осуществляется как одиночным толчком (при демонстрации свободных колебаний), так и периодическими толчками от электродвигателя с кулачком, механизма электрического звонка, метронома, равномерно падающих дробинок или капель воды и т. п. Увеличить затухание маятника можно, приклеивая к нему кусочки бумаги, искусственно увеличивая трение в подшипниках или даже погружая часть маятника в воду.

Регулировку частоты обычно осуществляют путём изменения массы груза. В маятниках с колебательным и вращательным движением можно менять расстояние центра тяжести груза от точки вращения, а в маятниках с поступательным движением — жёсткость пружины. Последнее осуществить труднее, так как приходится регулировать рабочую длину пружины.

Колебания системы двух связанных контуров можно демонстрировать на двух маятниках, соединённых пружиной или резиновой нитью (рис. 98*б*).

Логическим развитием системы такого рода являются различные маятниковые аналогии длинной линии или вообще системы с распределёнными постоянными. Как видно из рис. 98 *в, г, д,* в этих моделях имеется большое количество (обычно не менее 20) отдельных маятников, связанных последовательно посредством упругих элементов, через которые энергия колебания, возбуждаемая у первого маятника, передаётся остальным. Здесь очень наглядно можно показать сдвиг фаз, запаздывание по времени, затухание амплитуды и другие важные явления. Изменение параметров маятника аналогично изменению погонных параметров линии. Поэтому, если часть «линии» выполнить с маятниками иного периода, например, вдвое больше, чем у остальных, то весьма убедительно можно продемонстрировать изменение длины волны и отражение от границы в неоднородной линии. Особенно удобно наблюдать эти явления в модели рис. 98*г*, если торцы гантелей выкрасить в белый цвет, благодаря чему удаётся зрительно оценить соотношение между амплитудами и длинами волн. Правда, ось линии здесь располагается вертикально, а не горизонтально, но это не существенно. Нужно иметь в виду, что в разобранных

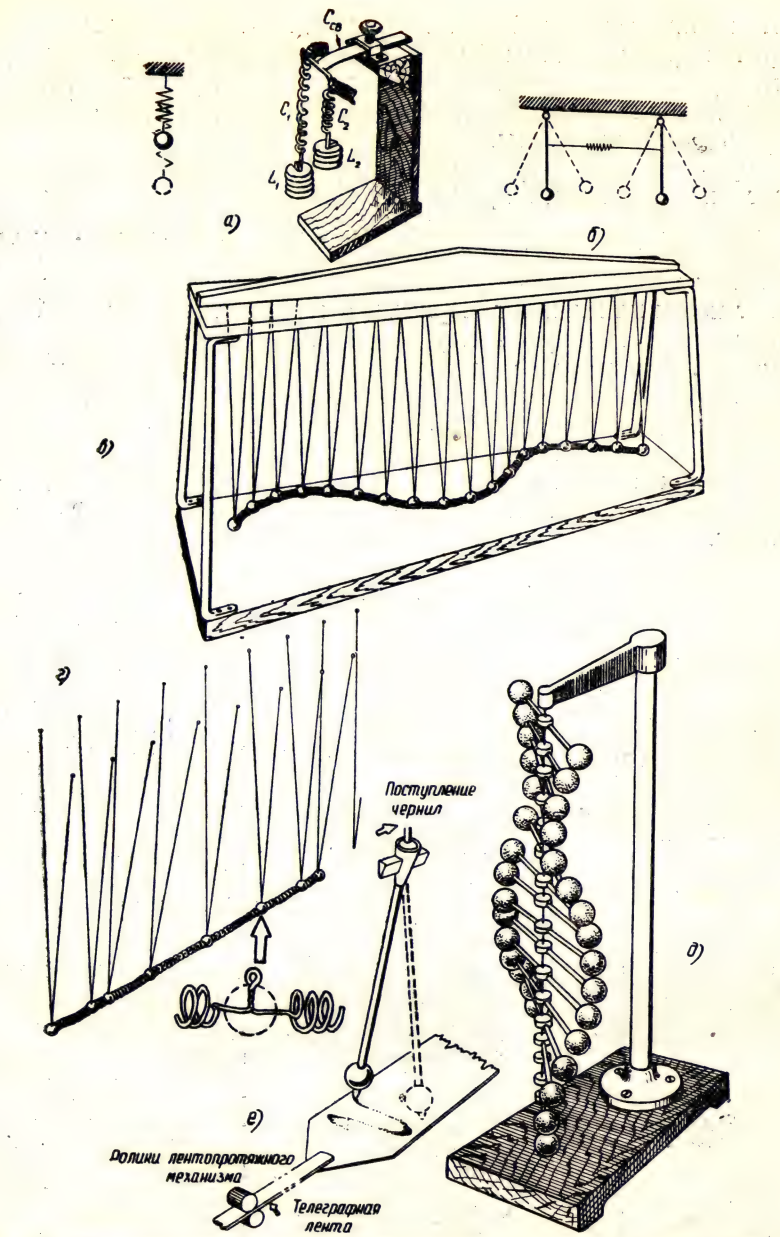


Рис. 98. Маятниковые аналогии колебательных систем с сосредоточенными и распределёнными постоянными:

а) аналогии одиночного и связанных контуров, *б*) другая аналогия двух связанных контуров, *в*) аналогия длинной линии (поперечные колебания), *г*) аналогия длинной линии (продольные колебания), *д*) аналогия длинной линии (крутильные колебания), *е*) запись колебаний на ленту

макетах длинных линий для получения относительно малых их габаритов грузы должны быть свинцовыми. Если применить другой материал, то получаются большие размеры установки, малый период колебаний маятников и, следовательно, излишне большая скорость движения волны.

В процессе демонстрации колебаний на моделях иногда возникает необходимость произвести запись колебаний. Для этой цели можно использовать установку, представленную на рис. 98е. Стержень качающегося маятника представляет собой трубку, снабжённую в верхней части воронкой. В последнюю равномерно сыплют песок или капают чернила, а под маятником равномерно протягивают бумажную ленту, на которой получается график синусоиды. В том случае, когда запись ведут песком, бумагу предварительно увлажняют или смазывают медленно сохнущим клеем. Для перемещения бумажной ленты можно использовать телеграфный лентопротяжный механизм. Не следует применять сложных и громоздких аналогий, так как много времени затрачивается на толкование принципа их построения, что мешает понять суть аналогии.

При пояснении различных вопросов, связанных с деформациями твёрдого тела, например, в разделах, посвящённых пьезоэффекту, удобно в качестве наглядного пособия применять так называемую пружинную этажерку, изображённую на рис. 99. На ней удобно показывать не только различные виды деформаций, но и колебательные процессы, зависимость различных параметров от характера кристаллической решётки, направления среза и других факторов.

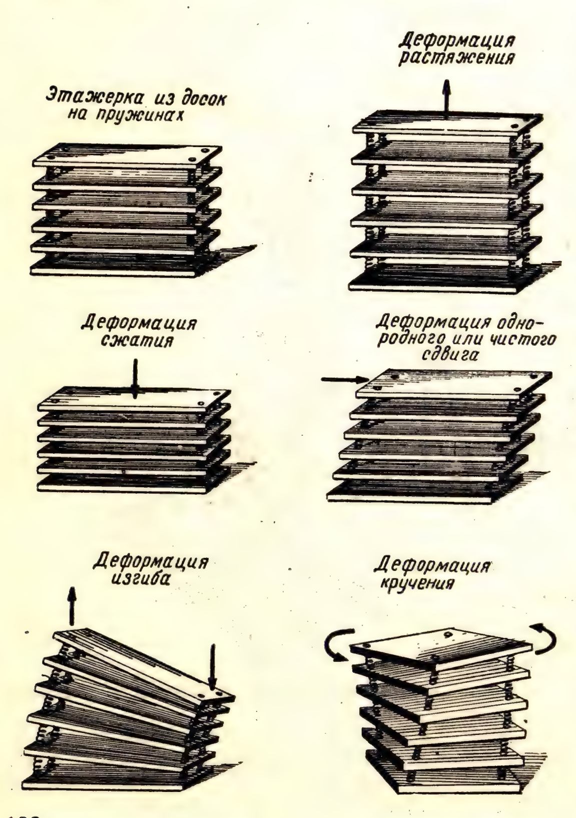


Рис. 99. Механическая модель кристаллической решётки

Особую категорию составляют механические макеты-аналогии, в которых применяется стеклянная или стальная дробь, имеющая исключительно правильную форму, один и тот же диаметр (2 ÷ ÷ 5 *мм*) и очень твёрдую поверхность. Обычно используют стеклянную дробь, которая применяется в мощных трансформаторах в качестве наполнителя, либо стальную дробь от бессепараторных, так называемых насыпных подшипников. Маленькие, имеющие правильную форму шарики, представляют хорошую аналогию одиночных электронов, так как шарик в поле тяготения Земли движется подобно электрону в электрическом поле. Нужно подчеркнуть, что группа шариков служит грубой аналогией группы электронов, поскольку шарики не испытывают взаимного отталкивания, как электроны.

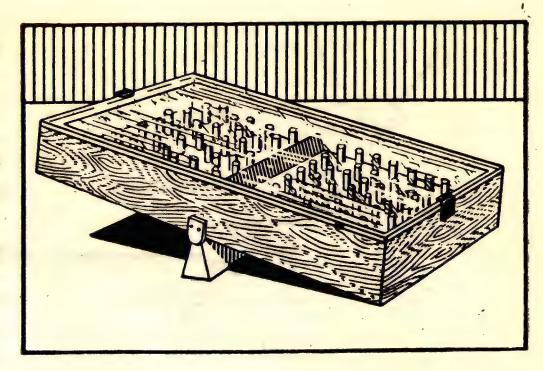


Рис. 100. Модель для пояснения работы вентилей с запорным слоем

На рис. 100 изображена модель для грубого пояснения механизма работы вентилей с запорным слоем. Внутри застеклённой коробки, поперёк длинной её оси, установлен барьер в форме деревянной призмы, изображающей запорный слой. По одну сторону барьера в шахматном порядке установлены гвозди или деревянные шпильки. Эта половина коробки является аналогией кристаллической решётки проводника. С другой стороны барьера тоже установлены в таком же количестве шпильки или гвозди, но уже неорганизованно, хотя и равномерно. В обе половины коробки засыпано некоторое количество стеклянной или стальной дроби. Если покачивать коробку, то при наклоне в одну сторону шарики будут разгоняться в интервалах между организованно расставленными шпильками и перескакивать через барьер, имитируя относительно свободный выход электронов из проводника. При наклоне в другую сторону шарики разогнаться не смогут, сталкиваясь с хаотически расположенными шпильками и, следовательно, не смогут преодолеть барьера. Через несколько покачиваний бо́льшая часть шариков окажется в одной половине коробки, демонстрируя односторонний характер проводимости вентиля. Привести макет в исходное состояние можно, повернув его стеклом книзу; в этом его положении шарики беспрепятственно пересыпаются из одной половины в другую.

Подобным же образом можно продемонстрировать на модели принцип работы термопары, представляя различные потенциалы

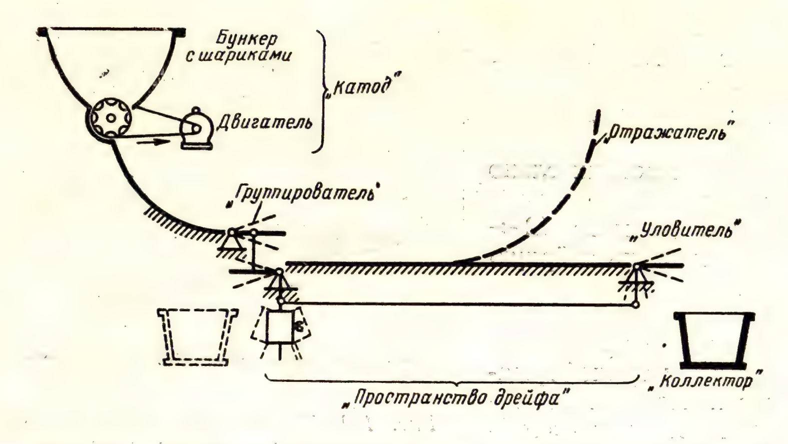


Рис. 101. Модель для пояснения работы прямопролётного и отражательного клистронов

выхода электронов из металлов различной высотой ступеньки потенциального барьера, для чего на дно в одной половине коробки помещается дощечка некоторой толщины.

На рис. 101 представлено схематическое изображение модели с шариками, которую можно предложить для пояснения работы клистронных генераторов.

Используя какое-либо подающее устройство, например, барабан с отверстиями, приводимый во вращение электродвигателем, на вход модели равномерно сыплют шарики, имитирующие поток электронов катода. Первоначально шарики катятся по плоскости, один конец которой закреплён шарнирно (группирователь). В зависимости от положения рычажной системы движение шариков на первой плоскости либо ускоряется, либо замедляется. Двигаясь дальше, в пространстве дрейфа шарики группируются отдельными группами и, попадая на правую пластину рычажной системы, ссыпаются в сборный ящик. Равномерные удары в правую пластину поддерживают колебания рычажной системы. Для получения аналогии отражательного клистрона на эту модель устанавливают отражатель, возвращающий шарики обратно на левую систему. В остальном макет работает как и предыдущий. Учитывая большую массу инерции рычажной системы и соответственно большой период её колебаний, в этих макетах удобно применять более тяжёлые шарики, например, диаметром $10 \div 12$ *мм.* Очень важно правильно подобрать положение груза на стержне рычажной системы [1]).

[1]) Аналогичная модель для пояснения работы триода с тормозящим полем описана в книге Р. Сарбахера и В. Эдсона «Техника сверхвысоких частот». Связьиздат, 1947.

§ 20. Гидравлические аналогии

Свойства воды: текучесть, способность переливания с малыми потерями на трение, несжимаемость, весьма удобны для изображения электрического заряда, имитации процессов протекания тока. Не случайно физики прошлого столетия и, в частности Ломоносов, пользовались термином «электрическая жидкость».

Примеры использования воды для имитации заряда и демонстрации электрического тока приведены на рис. 102.

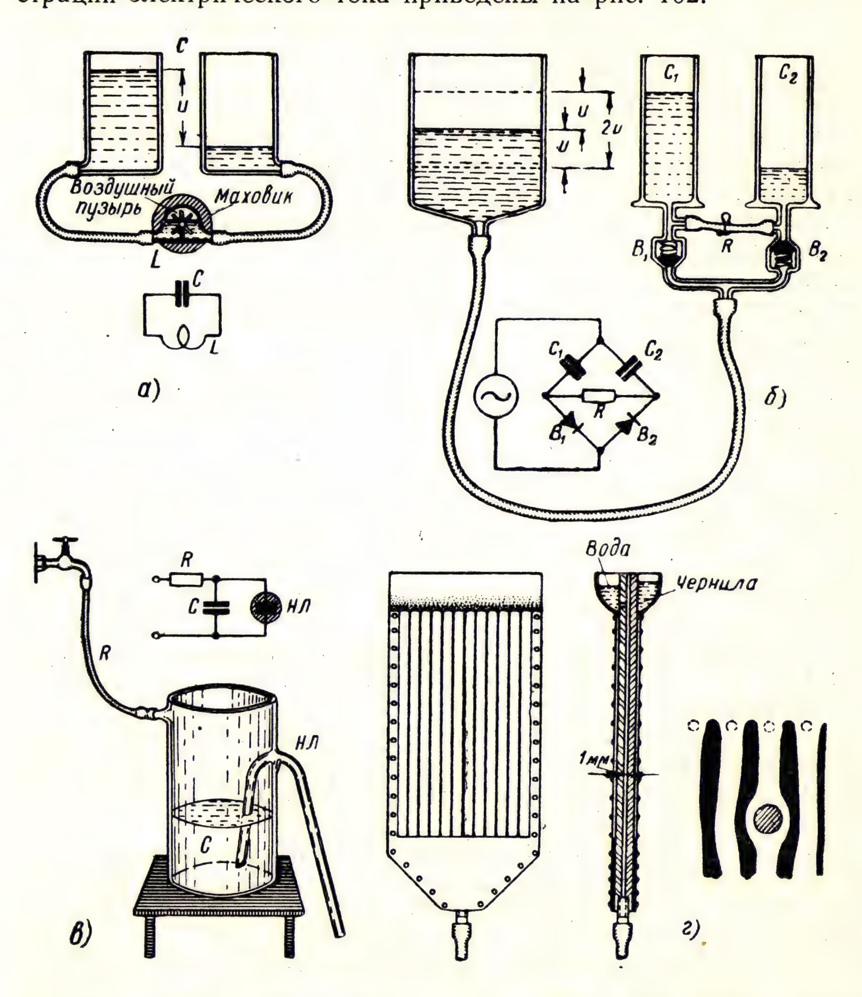


Рис. 102. Модели, в которых вода служит аналогией электрического заряда: *а)* колебательный контур, *б)* схема удвоения напряжения, *в*)спусковая схема, *г)* установка для демонстрации распределения тока по сечению проводника. Справа видны струи чернил, разделённые водой, вытекающей из отверстий, обозначенных пунктиром

В макете (рис. 102*а*), предназначенном для пояснения работы колебательного контура, имеется два сосуда, соединённых между собой трубкой, в средней части которой помещена легко вращающаяся маленькая турбинка. Сосуды изображают обкладки конденсатора, а турбинка с маховичком — индуктивность катушки.

Если в один сосуд налить воды, т. е. создать разность в уровнях (аналогично разности потенциалов U между обкладками), то вода начнёт перетекать во второй сосуд, постепенно разгоняя турбинку и увеличивая скорость перетекания. Когда уровни воды в обоих сосудах сравняются (конденсатор разрядится), турбинка, вращаясь по инерции, будет продолжать перегонять воду (индуктивность препятствует прекращению тока) и вновь создастся перепад уровней, но уже с обратным знаком. Ввиду большого затухания в макетах редко удаётся получить более двух-трёх периодов колебаний.

Макет (рис. 102*б*) столь же наглядно представляет работу схемы удвоения напряжений. Как видно из рисунка, в этой установке в качестве генератора эдс служит большой сосуд, который во время демонстрации ритмично перемещают вверх и вниз. Этот сосуд резиновой трубкой соединён с двумя другими сосудами, изображающими конденсаторы. Вода в них поступает через клапаны, причём один из клапанов открывается в сосуд, а другой — из сосуда. Эти клапаны соответствуют вентилям в схеме. Кроме того, два правых сосуда соединены между собой трубкой с краном — аналогией нагрузки. На макете очень удобно показывать распределение разностей потенциалов, последовательность работы схемы, влияние на эту работу величины нагрузки, ёмкости конденсаторов, мощности вентилей и частоты питания. Заметим, что «ёмкость» сосуда легко изменить, поместив в него стержень соответствующего сечения.

В модели спусковой схемы [Л33, вып. II], изображённой на рис. 102*в*, вода через тонкую трубку R медленно заполняет сосуд и через сифонную трубку *НЛ* быстро вытекает из него.

В моделях такого рода нужно придерживаться принципа: применять аналогии только для простейших схем, так как в сложных схемах затрудняется уяснение соответствия между оригиналом и изображением (аналогией).

Макет, представленный на рис. 102*г* [Л46], является пособием по гидродинамике, но его с успехом можно применить для демонстрации распределения тока в сечении проводника. Между двух пластин из органического стекла сверху вниз движется поток, в котором струи воды чередуются со струями чернил. Вода поступает из одного бачка через ряд отверстий, а чернила — из другого бачка через отверстия, расположенные в промежутках между первыми. Между пластинами подвешивают различные фигуры, вырезанные из листового материала и по форме соответствующие отверстиям и другим нарушениям сплошного сечения проводника.

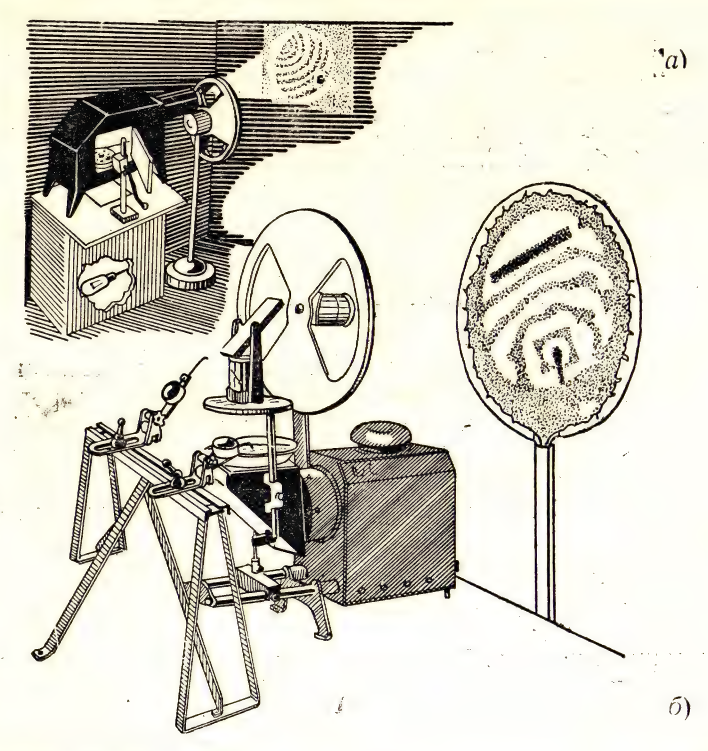
Нужно полагать, что при соответствующей доработке конструкции этого пособия на нём можно будет показать механизм поверхностного эффекта.

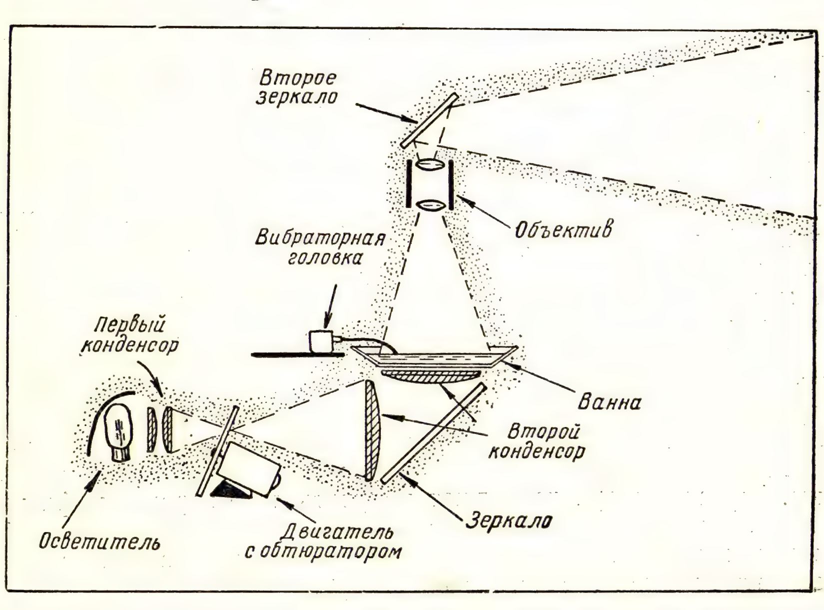
Большую пользу при изложении ряда вопросов распространения радиоволн и излучения антенн может оказать установка, изображённая на рис. 103*а*. Это — упрощение установки, предложенной в 1910 г. Е. В. Богословским [Л.33 вып. 7].

В установке применяется проекционный фонарь с насадкой для горизонтальной проекции. Под объектив насадки установлена ванночка со скошенными краями и прозрачным ровным дном. В ванночку налита вода или другая прозрачная жидкость с таким расчётом, чтобы толщина её слоя не превышала 8 ÷ 10 *мм*. В жидкость опущены концы вибраторов, которые приводятся в колебание вибрационными головками. Последние можно изготовить из механизмов громкоговорителей, реле и т. п. Стержень вибратора крепится к язычку вибрационной головки посредством винтового зажима. Это даёт возможность быстро менять вибраторы. Каждую из вибрационных головок с укреплённым на ней вибратором посредством установочных винтов и зажимов можно перемещать по трём взаимно-перпендикулярным направлениям и закреплять в любом положении.

Концы вибраторов, погружаемые в жидкость, имеют различную форму, в зависимости от того, какой вид излучателей они должны имитировать. К вибрационным головкам подводят напряжение от осветительной сети или мощного звукового генератора. Ещё более чёткая картина получается, если применять импульсное с большой скважностью напряжение. Его можно получить от механического коммутатора, связанного с двигателем обтюратора. Концы вибраторов возбуждают на поверхности воды мелкие волны, которые имеют в сечении форму, напоминающую циклоиду, и движутся со скоростью, превышающей 20 *см/сек*. При такой скорости наблюдать эти волны непосредственно нет возможности. Поэтому на пути светового потока, с помощью которого осуществляется проекция на большой экран, установлен обтюратор, приводимый во вращение электродвигателем. Число оборотов двигателя подбирают таким образом, чтобы волны на экране стояли на месте или медленно двигались от места возбуждения к периферии, как при замедленной киносъёмке.

Изменяя форму конца вибратора или количество вибраторов, можно изменять способ возбуждения и форму волн. Так, например, острый конец вибратора даёт концентрические волны; плоский, ножевой вибратор даёт плоскую волну; вибратор, заканчивающийся гребёнкой, соответствует многовибраторному излучению. Два вибратора позволяют получать поле переменно-фазных антенн, если вибрационные головки питать со сдвигом фаз. Несколько изменив положение головок и сдвиг фаз питания, можно показать влияние пассивного вибратора.


а)
б)


Второе зеркало
Объектив
Вибраторная головка
Первый конденсор
Ванна
Второй конденсор
Зеркало
Осветитель
Двигатель с обтюратором

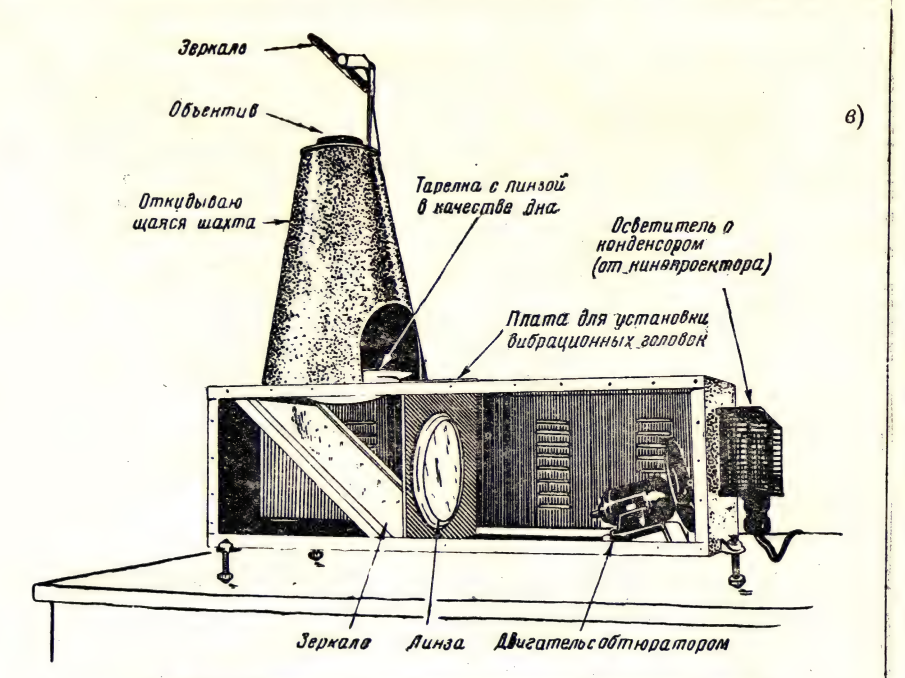
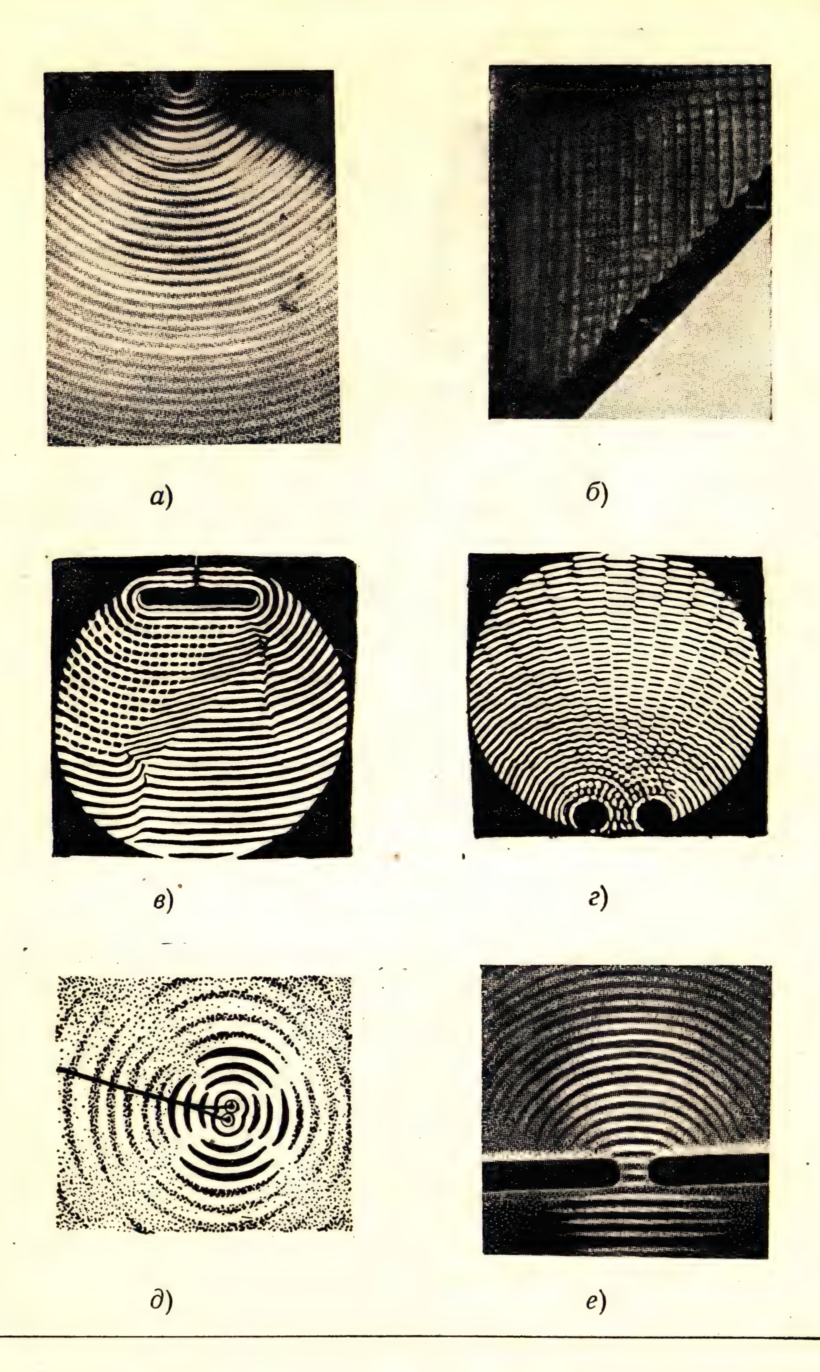


Рис. 103. Установка для моделирования волновых полей: *а)* простейшая установка, *б)* оптическая схема установки Богословского, *в)* конструкция современной проекционной установки

На установке очень удобно демонстрировать процессы отражения, помещая на пути волн различные препятствия: точечный, плоский, параболический отражатели. Если в воду или другую жидкость поместить деревянный брусочек-отражатель, то у границы его образуется мениск, затемняющий демонстрационное поле. Для устранения мениска следует на поверхность воды пустить несколько капель эфира, уменьшающего поверхностное натяжение, или применить в качестве жидкости ацетон как среду с малой вязкостью. Однако лучше всего обработать отражающую поверхность веществами, уменьшающими смачивание. Угол смачивания становится равным 90°, если испарять на отражающую поверхность воск до тех пор, пока не будет достигнуто промежуточное состояние между гидрофобностью и гидрофильностью, при котором мениск отсутствует. Создание такой плёнки не вызывает затруднений.

В качестве отражателей лучше всего использовать деревянные детали: брусочки, куски доски с вырезами и т. п. Металлические полоски, поставленные на ребро, не обладают нужной жёсткостью, так что отражение проявляется мало.


а)
б)
в)
г)
д)
е)

ж)

з)

и)

к)



л)

Рис. 104. Зависимость картины поля от формы и числа вибраторов и размещения в ванне дополнительных деталей: *а*) сферическая волна при одиночном точечном излучателе; *б*) отражение от плоскости плоской волны, *в*) преломление и частичное отражение волн, *г*) поле двух точечных излучателей при большом расстоянии между ними, *д*) поле двух близко расположенных излучателей (вибратор в виде вилки); *е*) проникновение волн через малое отверстие (подтверждение принципа Гюйгенса), *ж*) огибание волнами малого препятствия, *з*) плоский излучатель, препятствие соизмеримо с длиной волны, *и*) тень от большого препятствия, *к*) чернильное пятно в поле, возбуждённом вибратором в виде вилки, *л*) поле рупорной антенны

Скорость распространения волн на поверхности жидкости зависит от толщины слоя и выражается формулой [Л46]

$$v = \sqrt{981\,h}\,,$$

где v — скорость распространения волны, *см/сек*,
h — толщина слоя жидкости, *см*.

Эту закономерность можно использовать для демонстрации преломления волн. В целях изменения толщины слоя жидкости в ванночку укладывают кусочки стекла, вырезанные по определённому контуру. Таким образом можно демонстрировать преломление волн при прохождении их через границу двух сред и в среде с плавно изменяющейся ионизацией (если уложить пластинку переменной толщины), действие ускоряющих и замедляющих линз и т. д. Пластинки, изменяющие толщину слоя жидкости, лучше делать из слабо окрашенного органического стекла. Окраска позволяет видеть контуры среды с меньшей скоростью распространения, а использование в качестве материала органического стекла намного облегчает изготовление деталей необходимой конфигурации. Ряд изображений, получаемых на такой установке, представлен на рис. 104.

Особый интерес представляет демонстрация характеристик направленности различных излучающих устройств, для получения которых автор предложил в жидкость, в которой соответствующим образом возбуждены волны, под вибраторы ввести несколько капель плохо растворяющегося красителя. Краситель должен иметь примерно ту же плотность, что и жидкость. Можно применить спиртовые чернила для авторучек или чертёжную тушь, если жидкостью в ванночке служит вода.

После введения красителя он расходится в жидкости в виде пятна, которое принимает вид характеристики направленности. С течением времени пятно увеличивается в размерах, но сохраняет свою форму.

Причиной такого явления служит то обстоятельство, что отдельные частицы воды в процессе распространения волн движутся по окружности. Плоскости, в которых расположены окружности, ориентированы перпендикулярно фронтам волн, а диаметр окружностей имеет тем большую величину, чем ближе к поверхности воды находится частица, а главное — чем больше амплитуда бегущих волн. Отдельные частицы красителя, взвешенные в воде, распространяются в этой среде не столько за счёт броуновского движения, сколько благодаря этому круговому движению частиц и связанному с ним перемешиванию в отдельных избранных направлениях. Таким образом, скорость распространения красителя пропорциональна интенсивности излучения и направлена в одну сторону с ним.

Важно добиться, чтобы вибратор опускался в воду строго вертикально и не гнал её. Мелкие опилки, насыпанные на поверх-

ность воды, не должны перемещаться, «бегать» при правильной установке вибратора.

На подобной установке можно показать, что изменение расстояния между вибраторами влияет на форму характеристики направленности. Можно продемонстрировать, как одна характеристика постепенно образуется из другой, чтобы затем оказаться сменённой третьей.

Оптика проекционных фонарей и, особенно, приставок к ним для горизонтальной проекции, имеющихся в настоящее время в продаже, как правило, является короткофокусной; в связи с этим более рационально применять не отражающий, а просвечивающий экран, имеющий большую яркость. На рис. 103 показан такой экран, выполненный в виде проволочного обруча, обтянутого папиросной бумагой. Можно также применить кусок оконного стекла, зашлифованного наждачным порошком или на пескоструйном аппарате до получения матовой поверхности с одной стороны, или, наконец, полотняную кальку, пропитанную машинным маслом.

При демонстрации этой установки нужно иметь в виду, что стоячие волны на поверхности жидкости, если они имеют место, могут хорошо просматриваться без обтюратора. Место установки обтюратора, приведённое на рис. 103*а*, является не совсем удобным. В исходной установке Е. В. Богословского, оптическая схема которой приведена на рис. 103*б*, имеется не один, а два конденсора, благодаря чему обтюратор можно сделать небольших размеров и поместить вдали от ванночки с жидкостью. Вибрации, вызванные работой двигателя обтюратора, могут помешать демонстрации, поэтому его следует крепить на отдельном массивном основании и хорошо амортизировать. В этом отношении установка Е. В. Богословского является более рациональной.

Несмотря на известную сложность рассмотренной установки, её следует соорудить, поскольку она даёт возможность иллюстрировать многие вопросы из радиотехники, акустики и оптики. На рис. 103*в* представлена современная конструкция установки Е. В. Богословского [1]).

§ 21. ВЕКТОРНЫЕ АНАЛОГИИ

Объяснение векторной диаграммы не представляет труда, особенно, если эта диаграмма относится к одной точке схемы. В тех случаях, когда диаграмма изменяется со временем, имеет смысл сделать модель векторной диаграммы из шарнирно связанных планочек, шестерёнок и других деталей. Примером может служить пособие, представленное на рис. 105. Это — модель векторной диаграммы амплитудно-модулированного напряжения.

---

[1]) Изготовлена УПМ Ленинградского электротехнического института связи им. Бонч-Бруевича.

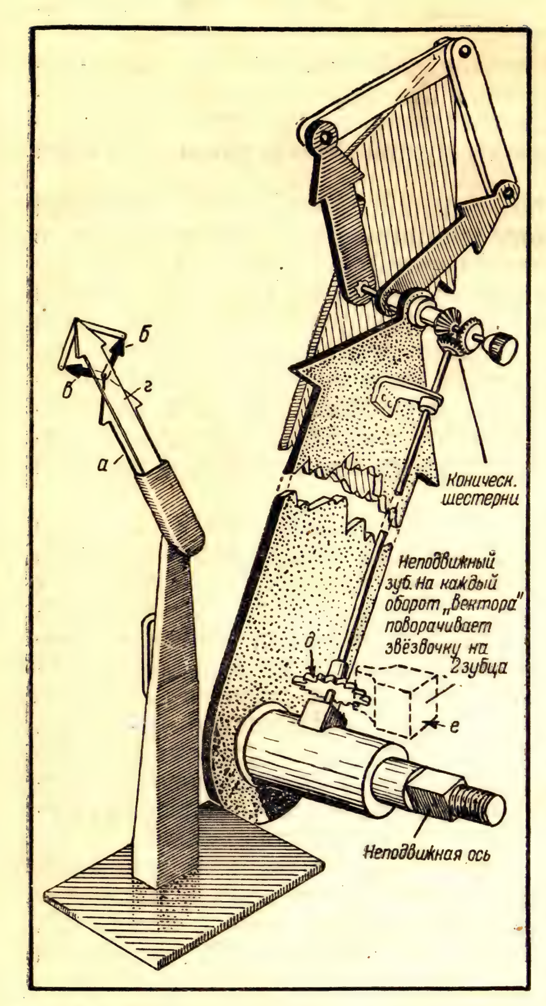


Рис. 105. Векторная модель амплитудно-модулированного напряжения:
а — вектор несущей частоты, *б* — вектор нижней боковой частоты, *в* — вектор верхней боковой частоты, *г* — суммарный вектор, *д* — звёздочка, *е* — неподвижный зуб

Если вращать вектор *а*, то векторы *б* и *в* тоже станут вращаться в разные стороны, а суммарный вектор *г* будет изменяться по длине, так как шестерня *д* зацепляется за неподвижный зуб *е*.

Более трудную задачу составляет изображение и пояснение векторной диаграммы, относящейся к процессу не в одной точке, а в пространстве, например, для длинной линии. Здесь приходится иметь дело с бесконечным множеством диаграмм для различных точек, причём каждая из этих диаграмм порой подчиняется своим законам, отличающимся от законов для других точек.

Такие диаграммы следовало бы называть «векторно - пространственными», а для пояснения их можно, в числе других средств, использовать механические векторные аналогии, одна из которых приведена на рис. 106 [Л22в]. Эту аналогию в своё время впервые применил известный учёный и прекрасный методист, один из основоположников советской радиотехники М. А. Бонч-Бруевич. Позже это пособие было усовершенствовано и приняло настоящий вид.

Два стержня, на которые насажены спицы по правой спирали, вращаются за полупрозрачным экраном, сделанным из пергамента или матового стекла, освещённым ярким светом (рис. 106*а*). Стержни связаны между собой шестернями с равным числом зубцов и применяются для демонстрации падающих и отражённых волн. Для демонстрации стоячих волн служит стержень, в кото-

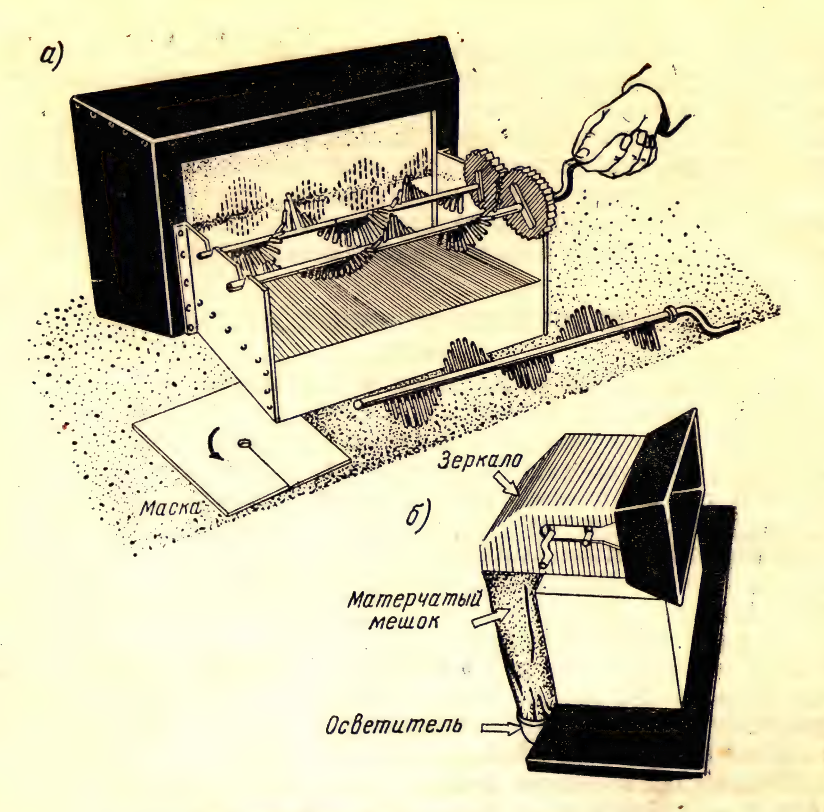


Рис. 106. Векторная модель длинной линии:
а) конструкция установки, *б)* конструкция осветителя установки

ром спицы расположены в одной плоскости и концами образуют синусоиду. Для быстрой смены стержней подшипники выполнены в виде углублений, снабжённых запорными пружинами. Если демонстрируются процессы в идеальной линии, то в стрежнях падающей и отражённой волн спицы имеют равную длину, а в стержне стоячих волн длина спиц подчиняется синусоидальному закону. В тех случаях, когда аналогия должна соответствовать реальной линии, длина спиц должна изменяться в соответствии с экспоненциальным законом.

Каждая спица изображает вектор тока (или напряжения) в отдельной точке линии. Тень от спицы на экране представляет собой проекцию вектора на ось вещественных чисел и даёт мгновенное значение тока в данной точке линии.

В качестве источника света для проектирования спиц на экран можно использовать проекционный фонарь без объектива или прямой солнечный свет, отражённый зеркалом. Важно, чтобы источник света давал почти параллельные лучи. Поэтому искусст-

венный источник света нужно относить на 1,5÷2 *м* от экрана. В коротких аудиториях имеет смысл располагать осветитель у пола и направлять его свет внутри затемняющего матерчатого мешка на косо поставленное зеркало. Для увеличения видимости экрана полезно снабдить его затемняющим кожухом (рис. 106*б*).

Установку, построенную по такому же принципу, можно использовать для пояснения распределения векторов в устройствах с обратной связью, в неоднородных линиях и других объектах.

§ 22. ПОДВИЖНЫЕ ВОЛНОВЫЕ ДИАГРАММЫ

Для пояснения ряда вопросов радиотехники иногда принято строить громоздкие графики, показывающие развитие какого-либо волнового процесса во времени. Каждый такой комбинированный график по существу является многократным повторением одной и той же кривой, вычерченной для различных моментов времени. Построение их отнимает много времени. Кроме того, эти графики, вследствие своей статичности, не всегда дают учащимся ясное представление о динамике рассматриваемого явления.

В целях облегчения усвоения этого материала применяют целый ряд пособий, главной особенностью которых является наличие графика синусоиды. Этот график может изменяться или перемещаться с различной скоростью и может быть зафиксирован в любой фазе своего изменения.

Подвижные волновые диаграммы, представленные на рис. 107, являются наиболее характерными для этого типа пособий. Первая из них (рис. 107*а*) представляет собой беличье колесо, на металлические спицы которого укреплены пробковые или деревянные шарики, окрашенные в чёрный цвет. Если наблюдать это пособие издали во время вращения колеса, то создаётся впечатление движения волн. В этом пособии нельзя показать движение фронта волны.

Другое наглядное пособие (рис. 107*б*), предложенное Т. Г. Апринцевой [Л1], состоит из ящика с рядом прорезей, через которые пропущены лёгкие рычажки с окрашенными шариками на концах. Эти рычажки вторыми своими концами укреплены на общей оси внутри ящика, а средней частью опираются на эксцентрики, между которыми проложены шайбы большого диаметра, так что для каждого рычажка образуется отдельная ячейка. Эксцентрики собраны в два пакета. В пакете эксцентрики закреплены так, что каждый несколько повёрнут относительно предыдущего; первый пакет жёстко связан с осью, тогда как второй сидит свободно на оси и связан с первым шпилькой, которая входит в зацепление после того, как первый пакет совершит поворот почти на 360°. Кроме того, под каждой половиной набора рычажков установлены две фиксирующие гребёнки.

Если вдвинуть гребёнки и установить в исходное положение пакеты эксцентриков, то рычажки с шариками, опираясь на зубцы гребёнок, установятся по одной прямой. Медленно вращая рукоятку, можно показать, как продвигается фронт волны. Когда ось будет повёрнута на 180° и шарики образуют первую полуволну, передвигают первую гребёнку, так что рычажки получают возможность опускаться ниже средней линии. При дальнейшем вращении рукоятки входит в зацепление и начинает вращаться также и второй пакет эксцентриков. Когда последний повернётся на 180° (а рукоятка, следовательно, на 360°), сдвигают вторую гребёнку, и волны непрерывно и беспрепятственно распространяются слева направо.

Аналогичная машина предложена Б. С. Зворыкиным [Л20]. Все образцы подвижных волновых диаграмм, разобранные выше, предназначены для демонстрации поперечных волн. Для пояснения вопросов, связаных с продольными волнами, применяют диаграммы, представленные на рис. 107 *в, г.* Первая из них состоит из длинного барабана, обтянутого бумагой с нанесёнными замкнутыми кривыми и рассматриваемого через узкую и длинную щель. При вращении барабана получается впечатление цепочки частиц, по которой передаются продольные колебания. Иногда, для улучшения видимости, барабан делают полупрозрачным и освещают изнутри.

Подвижная волновая диаграмма, построенная по такому же принципу, но посвящённая пояснению работы клистрона, представлена на рис. 107*д*. На лицевой панели изображена схема включения клистрона, причём на символе клистрона имеется длинная прорезь, сквозь которую видны участки кривых на барабане. При вращении последнего, видно движение электронов, и их группирование. Для пояснения работы двух типов клистронов, прямопролётного и отражательного, схема на лицевой панели, составленная для отражательного клистрона, может быть закрыта другой, для прямопролётного. На барабан при этом надевается бумажный чехол с нанесёнными на нём соответствующими кривыми. Для лучшей видимости кривых прорезь и барабан освещены сверху лампой, установленной за панелью.

Диаграмма, представленная на рис. 107*г*, является довольно сложным рычажно-кулачковым механизмом, в котором каждый из кулачков управляет движением нескольких спиц. На ней можно показывать как продольные, так и поперечные волны.

Очень широкое применение могут найти диаграммы, изготовляемые из полос гибкого прозрачного материала, например пергамента, простой или полотняной кальки, целлулоида и т. п., на которые нанесены синусоидальные кривые. С помощью таких полос очень удобно пояснять процессы интерференции различных когерентных колебаний.

Несколько примеров использования таких полос приведено на рис. 108 [Л.22*б*]. Для удобства проведения демонстраций

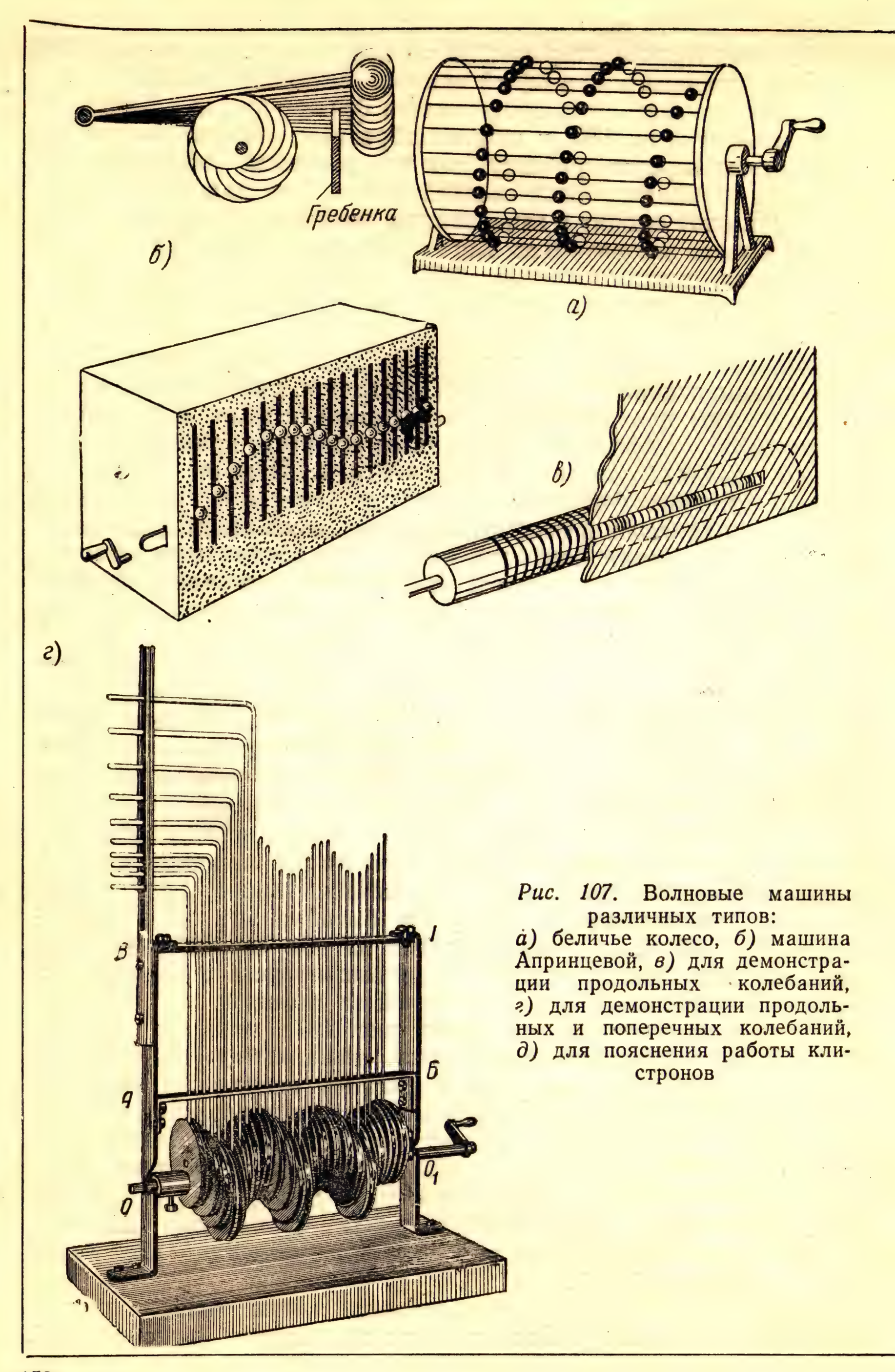
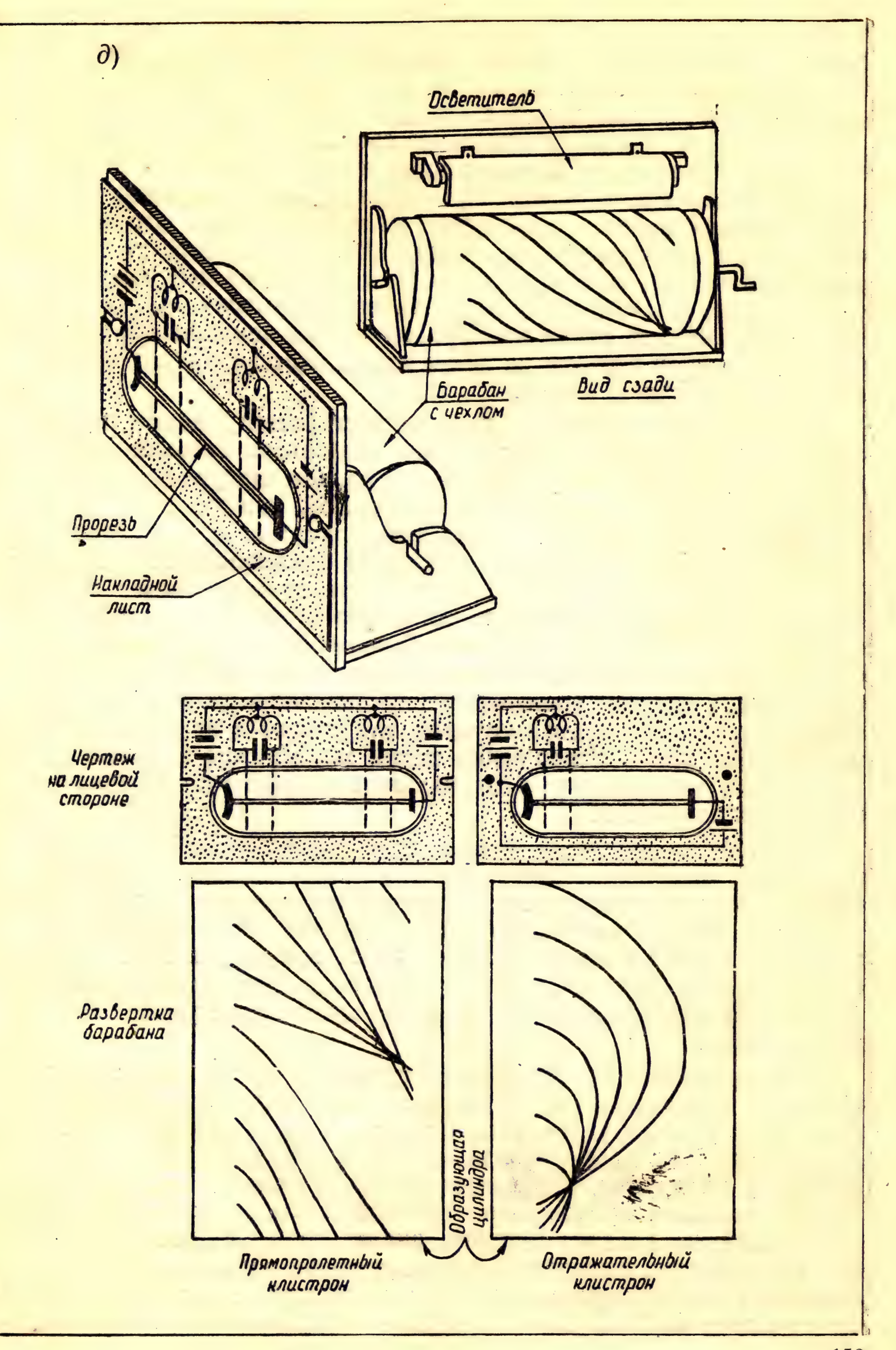


Рис. 107. Волновые машины различных типов:
а) беличье колесо, *б)* машина Апринцевой, *в)* для демонстрации продольных колебаний, *г)* для демонстрации продольных и поперечных колебаний, *д)* для пояснения работы клистронов


д)
Осветитель
Барабан с чехлом
Вид сзади
Прорезь
Накладной лист
Чертеж на лицевой стороне
Развертка барабана
Образующая цилиндра
Прямопролетный клистрон
Отражательный клистрон

необходимо изготовить «универсальную» дощечку-фон с вырезами, снабжённую рядом приспособлений (рис. 108*а*), окрашенную в такой цвет, на котором хорошо выделяются кривые, нарисованные на полосах. Дощечка должна быть устойчивой, для этого ножки её следует отливать из свинца. Рис. 108*б* показывает, как осуществляется демонстрация процесса развития стоячей волны с пучностью на конце. Прозрачная лента пропущена через скобу и протягивается в обратном направлении, так что сквозь отражённую волну видна падающая. Можно пояснить суммирование для разных моментов времени, т. е. для разных моментов протягивания полосы. Если опустить козырёк-маску, как показано на рис. 108*в*, то таким же образом можно показать образование стоячих волн с узлом на конце линии. Козырёк-маска закрывает четверть длины волны.

На рис. 108*г* показано, как осуществляется демонстрация взаимодействия двух волн в случае синфазного питания вибраторов при расстоянии между ними, равном полуволне. Ленты вытягивают одновременно из двух прорезей, каждая из которых изображает вибратор. Из левой щели вытягивают две полосы, показывающие, что излучение вибратора происходит во все стороны. Правый «вибратор» условно даёт излучение только в одну сторону. Если ленты тянуть согласованно и одновременно, то видно, что в плоскости, проходящей через вибраторы ,колебания взаимно компенсируются и излучение равно нулю. Изменив направление, в котором производится протягивание лент, можно показать процесс сложения излучения вибраторов и по другим азимутам (рис. 108*д*). Совершенно таким же образом проводят демонстрации при других расстояниях между вибраторами и начальных фазах излучения.

На этой же установке можно показать взаимодействие двух колебаний, имеющих общий источник, но приходящих в точку приёма различными путями, например земного и небесного лучей (рис. 108*е*). Одна из лент протягивается через проволочные козелки, так что в месте встречи полос получается постоянный относительный сдвиг фаз. Ширину ленты следует брать не менее 100 ÷ 200 *мм*, иначе в задних рядах аудитории кривые будут видны плохо.

Для пояснения колебательных процессов иногда используют волновые диаграммы с резиновым или верёвочным шнуром (рис. 109). Демонстрация распространения прямой и отражённой волн на верёвке, закреплённой на одном конце и резко встряхиваемой на другом, общеизвестна. Посредством такой верёвки можно пояснять прохождение плоскополяризованной волны через различные поляризационные анализаторы, получение круговой поляризации, выделение из эллиптически поляризованных колебаний плоскополяризованных и многое другое. Для того чтобы от конца верёвки не происходило отражения, его можно за-

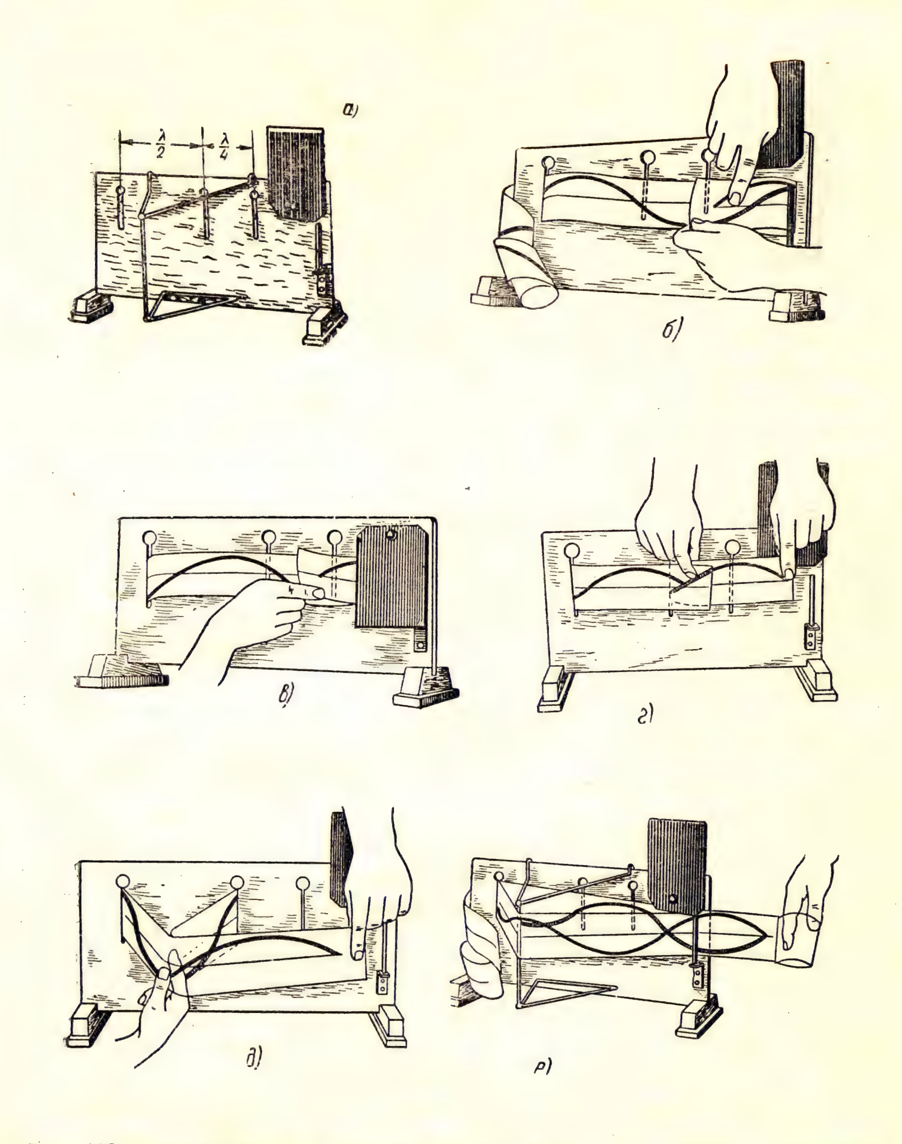


Рис. 108. Конструкция и примеры использования подвижной диаграммы с лентами:

а) дощечка-фон, *б)* стоячая волна с пучностью на конце, *в)* стоячая волна с узлом на конце, *г)* взаимодействие двух волн в случае синфазного питания вибраторов при расстоянии между ними, равном $\lambda/2$, *д)* сложение излучения вибраторов по другому азимуту, *е)* взаимодействие двух когерентных колебаний

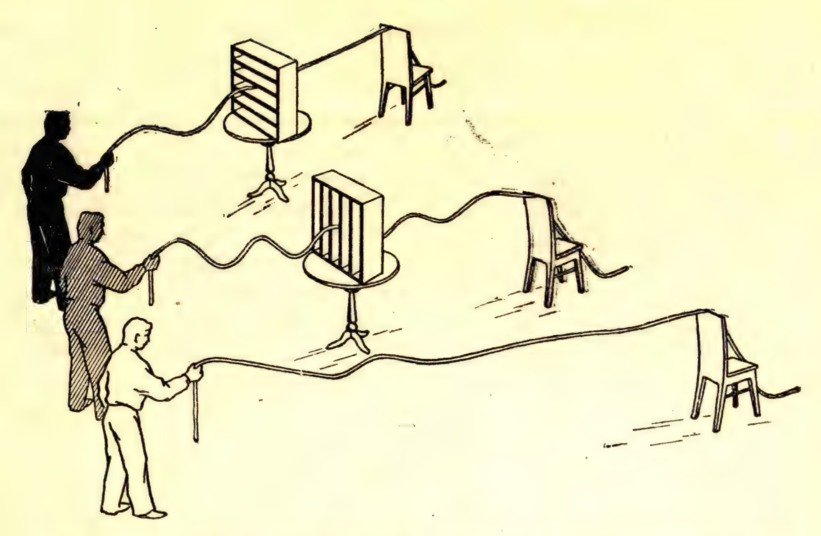


Рис. 109. Использование шнура для пояснения распространения волн

жать между двух листов картона или просто бросить на пол. Стоячие волны удаётся хорошо демонстрировать, если один конец верёвки закрепить, а второй прикрепить к камертону, возбуждаемому электромагнитом. Изменяя натяжение шнура и этим самым скорость распространения волн, можно получить различное расположение пучностей [Л46].

По такому же принципу построена диаграмма, служащая для пояснения характера излучения элементарного диполя. Диаграмма состоит из большого обруча, который можно согнуть из тонкой водопроводной трубы. По радиусам обруча натянуты резиновые жгуты, собранные в центре узлом. Если этот узел заставить вибрировать по одному из диаметров, например, вертикальному, то наиболее крупные волны получатся на горизонтальных шнурах, тогда как вертикальные будут испытывать лишь упругие деформации. Наклонные шнуры будут характеризоваться волнами тем меньшей амплитуды, чем ближе к вертикальному будет их расположение. Таким образом можно пояснить различную силу излучения диполя под разными углами.

Подобную же диаграмму можно сделать диаметром всего $6 \div 8$ *см,* взяв соответственно более тонкие нити, поместить её в проекционный фонарь вместо диапозитива и спроектировать тень её на большой экран. В этом случае возбуждение колебаний осуществляется иглой вибратора такой же конструкции, как в установке, представленной на рис. 103. Для того. чтобы иметь возможность наблюдать медленное движение волн, на пути светового потока помещают обтюратор, число оборотов которого подбирают соответствующим образом.

ГЛАВА IV
ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ МАКЕТЫ

§ 23. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Основное назначение пространственных макетов — способствовать усвоению вопросов, связанных с пространственным мышлением. Опытный преподаватель, готовясь к изложению вопросов, нуждающихся в пространственных представлениях, обязательно приготовит заранее какое-либо наглядное пособие, часто очень простое и напоминающее своей формой нужный пространственный объект. Ряд курсов, таких как черчение, начертательная геометрия и им подобных, немыслимо излагать без определённого минимума наглядных пособий, дающих представление о пространственных телах и их сечениях, о взаимном расположении в пространстве линий, плоскостей и геометрических тел и т. п.

Радиотехнические дисциплины в этом отношении не являются исключением, особенно в области тех разделов теории, в которых нужно пользоваться пространственными криволинейными поверхностями. Эти поверхности используют для изображения математических абстракций или эмпирических закономерностей. Как известно, графическое представление функции двух переменных — это поверхность, форма которой определяется видом функциональных зависимостей и может иметь самый причудливый вид. Выше уже указывалось, что в ряде случаев рассматривают набор сечений этой поверхности системой параллельных плоскостей, в результате чего получают «семейство кривых». Однако, если пользоваться только семейством кривых, то нельзя получить такое полное представление об иллюстрируемой закономерности, какое даёт пространственная поверхность.

К категории пространственных наглядных пособий можно отнести также макеты, изображающие предметы или сооружения, которые невозможно демонстрировать в натуре вследствие очень малой или очень большой их величины (например, макеты атома и солнечной системы).

В большинстве своём пространственные макеты должны демонстрировать постоянную форму, и их можно изготовлять из лю-

бых лёгких материалов, которые удобно обрабатывать: бумаги, папье-маше, картона, фанеры, дерева, гипса, проволоки и т. п. Для большей наблюдаемости такие макеты раскрашивают в яркие чистые тона, а по гигиеническим соображениям используют для этой цели масляные, эмалевые краски или нитрокраски, позволяющие периодически мыть пособия водой.

Особую категорию представляют макеты, форму которых следует изменять в ходе демонстрации. Как правило, их изготовляют из резины, обладающей хорошей упругостью.

Прежде чем демонстрировать пространственный макет, необходимо чётко изложить принятые в нём условности, указать величины , отложенные по осям, и только после этого переходить к толкованию закономерностей или пояснению устройства.

§ 24. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРАВЛЕННОСТИ

При изложении вопросов направленности действия различных устройств, в том числе антенных сооружений, очень полезно посредством пространственной характеристики показать связь между характеристиками в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Эту связь можно очень хорошо пояснить, если сначала продемонстрировать форму (макет) пространственной характеристики, а затем показать результаты сечения этой характеристики ортогональными плоскостями, либо наоборот, исходя из плоских характеристик, показать построение пространственной.

Пространственные характеристики направленности можно изготовлять из гипса или дерева, но лучше для этой цели использовать папье-маше, так как только в этом случае макеты получаются одновременно и лёгкими, и прочными. Каждую характеристику делают разборной, с таким расчётом, чтобы плоскости разъёма были вертикальными или горизонтальными и давали одну из типичных плоских характеристик. На рис. 110 приведены пространственные характеристики, выполненные из папье-маше.

Общепринятый способ изготовления папье-маше заключается в следующем. Варят столярный клей, разводя 30 в.ч. клея в 100 в. ч. воды. Варку, как обычно, ведут на водяной бане. В горячий раствор добавляют 4 $\div$ 5 в.ч. газетной или обёрточной бумаги, размоченной в горячей воде и тщательно и насухо отжатой. Продолжая подогревать и размешивать массу, в неё постепенно подсыпают 10 $\div$ 12 в.ч. тонко измельчённого мела или зубного порошка. В качестве пластификатора добавляют 2,5 в.ч. канифоли, растворённой в 7,5 в.ч. горячей олифы. Полужидкую массу выливают в ямку, сделанную в горке тонко размолотого мела

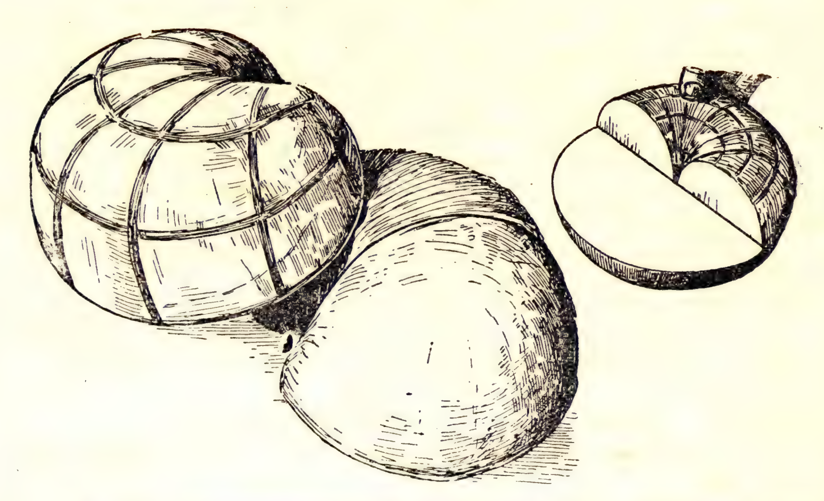


Рис. 110. Пространственные характеристики направленности антенн, выполненные из папье-маше

или зубного порошка, и месят, как тесто. Полученную тестообразную массу, пока она не остыла, раскатывают в лист не очень большой толщины (0,5 ÷ 2 *см*), и последний укладывают в приготовленную заранее форму, осторожно уминая его пальцами, с таким расчётом, чтобы хорошо заполнить все углубления и одновременно не повредить форму. Для таких работ удобнее применять прочные гипсовые или деревянные формы, а не глиняные или пластилиновые. Сушка изделия производится в форме и продолжается несколько суток.

Нельзя изготовлять массивные детали непосредственно лепкой из тестообразной массы, так как вследствие большой и неодинаковой толщины изделия сушка происходит очень медленно и часто приводит к появлению трещин.

Для некоторых изделий можно использовать более лёгкий наполнитель: вместо мела брать мелкую древесную или пробковую крошку.

В условиях учебного заведения иногда удобнее применять другую технологию изготовления поверхностей сложной формы. Сначала из сырой глины, лучше зелёной, либо из пластилина вылепливают болванку или чашу, являющуюся отпечатком этой формы. Далее, нарезав газетную бумагу полосками, треугольниками или ромбами и размочив их в теплой воде, накладывают на вылепленную поверхность тонким равномерным слоем. Этот слой промазывают жидко разведённым столярным, крахмальным или мучным клеем и накладывают следующий слой обрезков бумаги, притирая каждый из обрезков смоченной в клею кистью. Операцию повторяют, накладывая новые слои, пока не образуется достаточно толстый слой проклеенной бумаги. Сушку, как и в пре-

дыдущем случае, производят, не вынимая изделия из формы. Оно получается твёрдым, как фанера.

Ясно, что в тех случаях, когда посредством одной формы требуется изготовить несколько однотипных деталей, они должны иметь такую конфигурацию, чтобы можно было извлечь их из формы беспрепятственно, не повреждая её. В отдельных случаях приходится применять специальные разборные формы, изготовление которых требует большого труда. В практике изготовления наглядных пособий чаще можно допустить разрушение формы.

При сборке макета из отдельных частей, изготовленных из папье-маше, их сшивают друг с другом нитками или проволокой. По стыкам в несколько слоёв наклеивают бумагу, чтобы замаскировать все неровности.

Если изделие из папье-маше имеет большие размеры и малую толщину стенок, его снабжают рёбрами жёсткости, которые изготовляют из картона и устанавливают на изделии после полного высыхания, когда закончится усадка. Прикрепляют рёбра жёсткости посредством ниток, проволоки или наклеивания бумажных полосок.

После изготовления макет пространственной характеристики ещё несколько суток сушат, чтобы полностью удалить влагу из внутренних слоёв, затем шпаклюют, зачищают и красят. Шпаклёвка служит для заполнения мелких неровностей поверхности и более прочного сцепления краски с поверхностью. Достаточно хорошие результаты даёт клеевая шпаклёвка. Её замешивают на столярном клею, составленном из 5 в.ч. сухого клея, сваренного в 19 в.ч. воды. В раствор клея при непрерывном помешивании добавляют 71 в.ч. мела, протёртого через мелкую сетку, и 5 в.ч. олифы. Наносят шпаклёвку с помощью упругой стальной пластинки (шпателя) или упругого куска листовой резины. После полного высыхания шпаклёвки наглядное пособие зачищают наждачной бумагой, переходя постепенно ко всё более мелким номерам.

Если приходится заполнять глубокие неровности поверхности, лучше шпаклёвку наносить несколькими слоями, просушивая каждый в отдельности. Во избежание трещин на шпаклёвке не следует заменять мел зубным порошком.

Окраску можно производить масляными, эмалевыми, нитро и клеевыми красками, желательно в несколько слоёв. Клеевые краски лишают возможности мыть макет, поэтому их применять не следует.

Для лучшей сохранности макетов из папье-маше применяются меры защиты против плесени. Для этого в состав клея нужно добавить несколько капель формалина (яд!).

На рис. 111 показана последовательность изготовления макета характеристики направленности антенны, выполненного из папье-маше.

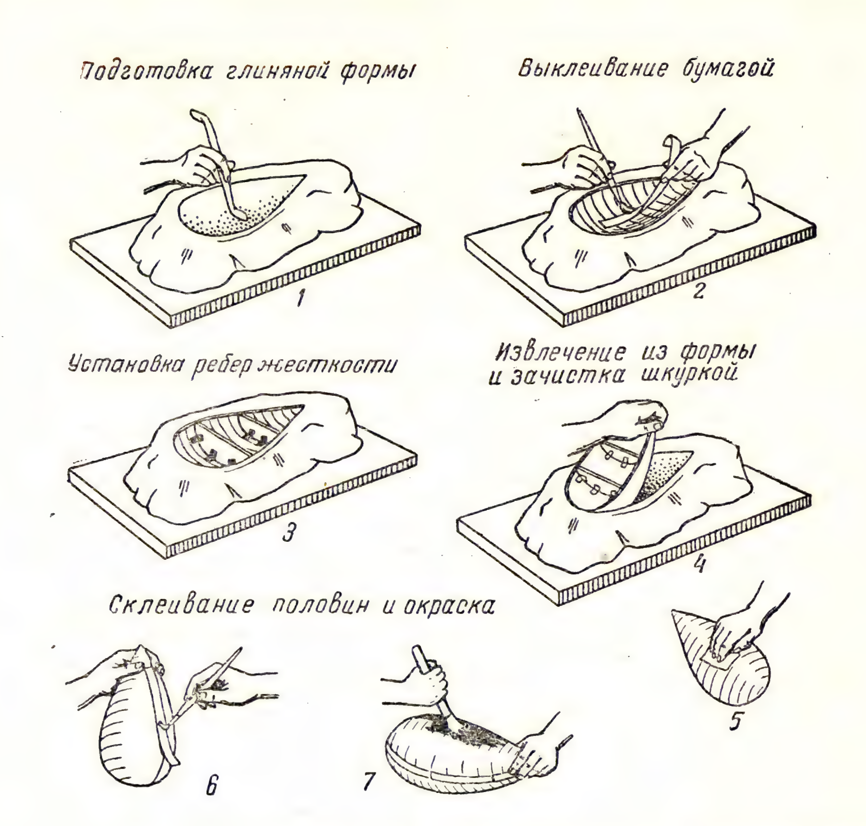
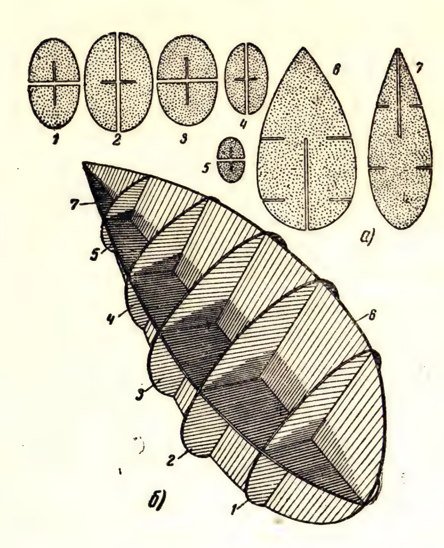


Рис. 111. Последовательные стадии изготовления пространственной характеристики из папье-маше

Для характеристик направленности, имеющих сравнительно простую форму, можно применять скелетные макеты (рис. 112). Скелетный макет образуется сочетанием плоских фигур, представляющих собой сечения пространственной характеристики рядом параллельных и взаимно-перпендикулярных плоскостей. Его изготовляют из картона или фанеры, причём для жёсткости конструкции в отдельных деталях проделывают узкие прорези. Детали после сборки скрепляют проволокой или проклеивают полосками бумаги. Во избежание ошибок рекомендуется макет сделать предварительно из писчей бумаги и, только убедившись в правильности конструкции, повторить в картоне, фанере или жести.

Отдельные детали скелетного макета характеристики антенны показаны на рис. 112*а*, а собранный макет — на рис. 112*б*.

Удобный скелетный макет изображён на рис. 112*в*. На диске из органического стекла укреплена ребристая деталь, которая в сочетании с одной съёмной частью образует скелет тора, а с дру-



г)

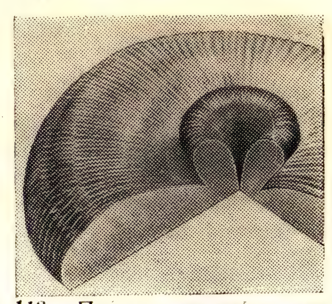


Рис. 112. Пространственные характеристики из бумаги и картона:
а) детали скелетного макета характеристики антенны, *б*) собранный макет, *в)* макет, при помощи которого можно демонстрировать диаграмму направленности двух совместно действующих направленных антенн, *г)* макет пространственной характеристики, выполненный из папиросной бумаги

в)

гой — скелет кардиоды. Это позволяет легко объяснять, как две антенны, каждая из которых является ненаправленной, действуя совместно, дают направленность в горизонтальной плоскости. Рассматривая это пособие со стороны стекла, можно видеть обычно приводимое преобразование окружности в кардиоиду.

Большой наглядностью обладают макеты пространственных характеристик, выполненные из папиросной бумаги (рис. 112*г*) [Л.22г]. Такую конструкцию удобно применять для характеристик, имеющих круговую осевую симметрию, главным образом для характеристик одиночных всенаправленных антенн. Макеты такого рода по своей конструкции напоминают так называемые «китайские» веера и фонарики. Изготовляются они путём склеивания большого количества (до 200) листов папиросной бумаги между собой только по отдельным узким параллельным полоскам. В результате растягивания пакета получается рыхлое бумажное тело. Характеристику вырезают из пакета прокленной бумаги и развёртывают как веер. Для удобства демонстрации крайние листы пакета выполняют из картона или фанеры. Для получения правильных ромбовидных ячеек при склейке необходимо применять специальное приспособление, изображённое на рис. 113, на нитяных петлях которого, переброшенных через валик с ручкой, подвешен отрезок водопроводной трубы. Труба наполовину погружена в ванночку с жидко разведённым столярным клеем. Нити удерживаются на нужном расстоянии поперечно натянутыми проволочными струнами. Бумажную полосу, на которую нужно нанести клей, пускают по нитям, как показано стрелкой, одновременно вращая ручку. Нити, набирая клей из ванночки, наносят его на бумагу. Полосы, смазанные клеем, накладывают одну на другую, следя за тем, чтобы полоски клея на каждом последующем листе приходились как раз посредине полосок клея предыдущего листа, а затем, притирают лист рукой.

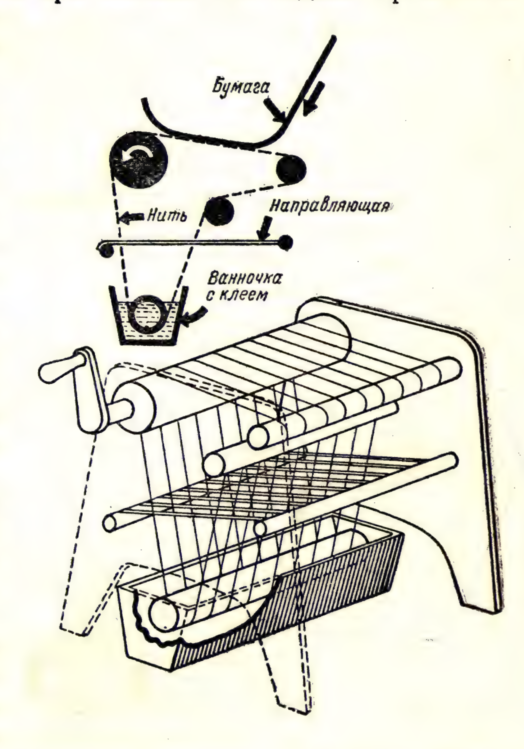


Рис. 113. Станочек для склейки пакета папиросной бумаги

Более распространённый способ нанесения клея на бумагу заключается в следующем. Берут два куска зеркального стекла нужного размера. На один натягивают параллельно друг другу и с нужным интервалом ряд одножильных проводов в полихлорвиниловой изоляции. На второй кусок туго натягивают шёлковый трикотаж. На трикотаж кистью накладывают ровным слоем клей и, пользуясь этим стеклом как подушкой, а вторым как печатью, переносят клей на бумагу, где он образует тонкие параллельные полоски.

В кустарной промышленности, где таким образом изготавливают веера и игрушки, применяют клей, состоящий из 200 *г* столярного клея, 175 *г* декстрина, 175 *г* 30-процентной муки и 50 *г* картофельного крахмала на 2 *л* воды. Все составляющие разводят в тёплой воде, а затем смешивают и в клеянке доводят до кипения. Кипячение не должно продолжаться более двух-трёх минут. Далее клей процеживают через марлю и дают ему остыть.

§ 25. ТРЕХМЕРНЫЕ ДИАГРАММЫ НЕИЗМЕННОЙ ФОРМЫ

Трёхмерные диаграммы предназначены для изображения зависимости между тремя или большим количеством переменных. Их можно применить для пояснения связи между плоскими кривыми, имеющими широкое распространение, и пространственными кривыми, позволяющими охватить более широкий комплекс взаимосвязей и употребляющимися гораздо реже.

В большинстве своём трёхмерные диаграммы представляют собой пакет дощечек, пластинок или брусочков. Каждая из составных частей имеет форму, соответствующую одной кривой из семейства, а весь пакет образует криволинейную поверхность. На каждой кривой в отдельности и на всей криволинейной поверхности произведены необходимые графические построения.

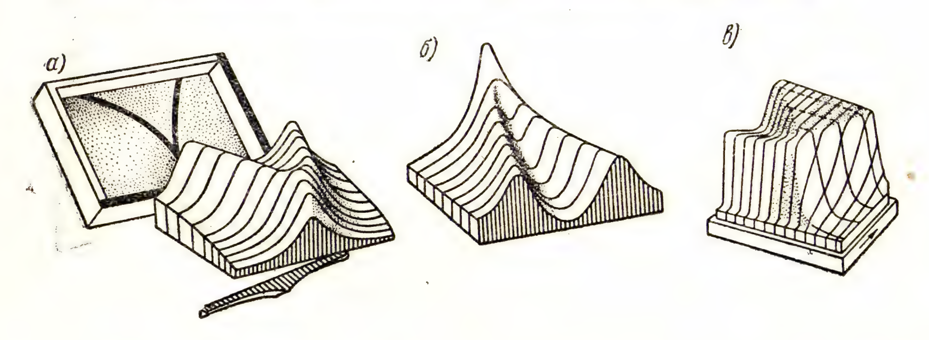


Рис. 114. Трёхмерные диаграммы:

а) трёхмерная диаграмма зависимости тока во втором из связанных контуров от частоты питания и коэффициента связи, *б)* то же в первом контуре, *в)* характеристика тетрода

Материалом для таких диаграмм может служить дерево, фанера, органическое стекло и картон от стандартных упаковочных коробок, состоящий из трёх слоёв, средний из которых гофрирован.

На рис. 114*а* представлена трёхмерная диаграмма зависимости тока во втором из связанных контуров от частоты питания и коэффициента связи. Каждая пластина имеет форму резонансной кривой для одного значения коэффициента связи.

Аналогичным образом трёхмерная кривая рис. 114*б* даёт зависимость тока в первом из двух связанных контуров от частоты и коэффициента связи, а кривая рис. 114*в* — зависимость анодного тока тетрода от напряжений на аноде и управляющей сетки.

Трёхмерные диаграммы такого вида удобно использовать для пояснения распределения напряжения в длинной линии в зависимости от длины линии и от времени. На рис. 115*а* представлена диаграмма для случая чисто бегущей волны, а на рис. 115*б* — для чисто стоячей. Каждая пластина представляет собой

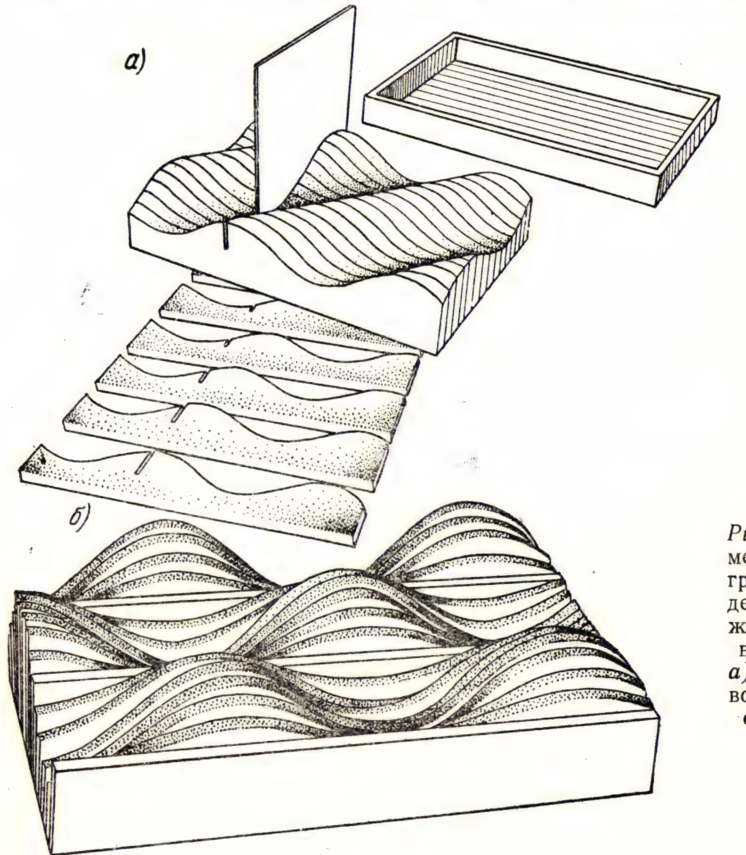


Рис. 115. Трёхмерная диаграмма распределения напряжения или тока вдоль линии: *а)* при бегущей волне, *б)* при стоячей волне

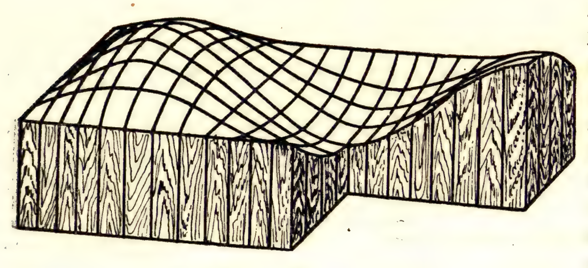


Рис. 116. Трёхмерная диаграмма распределения потенциала по сечению волновода

график распределения напряжения вдоль линии для определённого момента времени. В собранном виде пакет кривых образует криволинейную поверхность, причём сечения этой поверхности, перпендикулярные пластинам, дают кривые распределения напряжения во времени для различных точек линии. Таким образом, в этих диаграммах по одной оси откладывается длина линии, по второй — время, а по третьей — мгновенное значение напряжения. Пользуясь этими диаграммами, удобно показать, что в случае бегущей волны во всех точках линии напряжение достигает амплитудного значения, но со сдвигом по фазе, зависящим от расстояния до начала линии, а при стоячей волне имеются узлы, где напряжение всегда равно нулю.

Аналогичным образом можно построить диаграмму распределения напряжений или напряжённости электрического поля по сечению волновода. Как видно на рис. 116, это пособие составлено из брусочков различной длины.

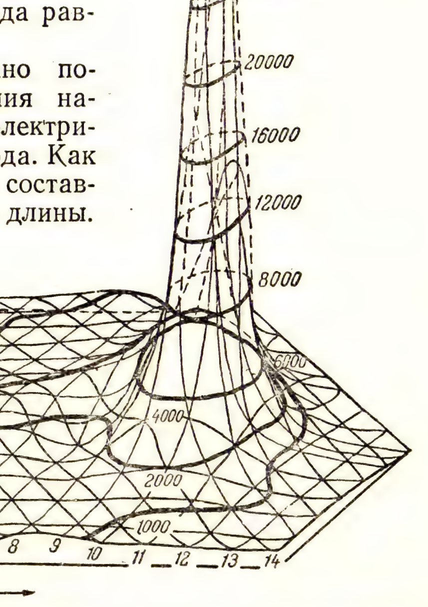


Рис. 117. Трёхмерная диаграмма зависимости коэрцитивной силы сплава из трёх компонентов от процентного содержания компонентов

Разбирая брусочки по различным сечениям, можно получить ряд кривых распределения напряжения как вдоль волновода, так и поперёк его.

При изложении вопросов, связанных с коэрцитивной силой магнитных сплавов, яркостью свечения различных составов, разложения света на составные цвета и т. п., встречается необходимость показать зависимость одной величины от трёх других. В этом случае используют трёхмерную диаграмму, имеющую в основании треугольник, как показано на рис. 117, и изображающую зависимость начальной магнитной проницаемости сплава железа, кремния и алюминия от процентного состава компонент. Изготовляют такие диаграммы теми же методами, что и разобранные выше.

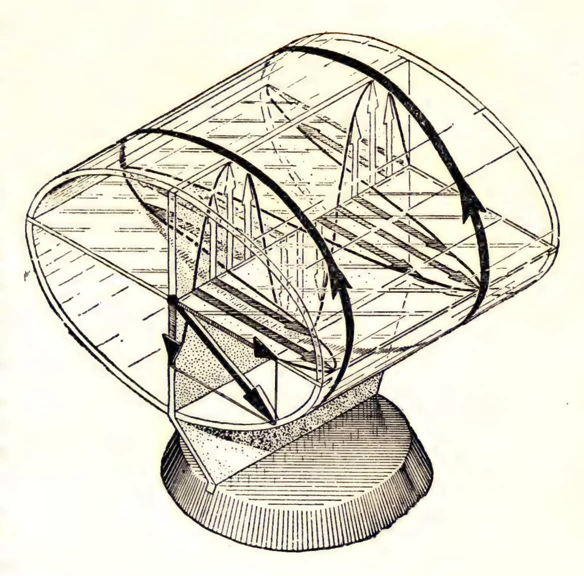
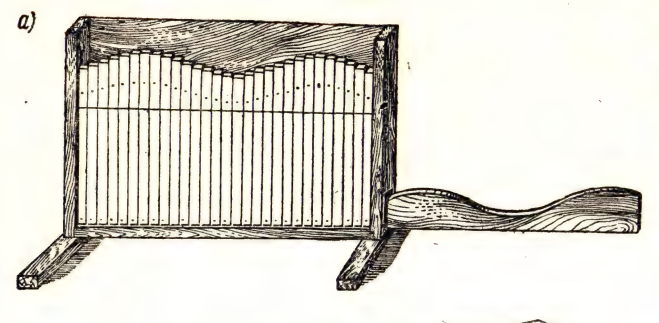


Рис. 118. Векторная диаграмма для пояснения поляризации волн

Несколько обособленно стоят векторные пространственные диаграммы. Образцом пособий такого вида межет служить диаграмма, представленная на рис. 118, поясняющая эллиптическую поляризацию. Как видно, здесь имеются две плоскости, выполненные из обычного силикатного или органического стекла, на которых нитрокраской изображены последовательные значения векторов горизонтально и вертикально поляризованных электрических полей. Годограф суммарного, эллиптически поляризованного вектора, образован пересечением проектирующих криволинейных поверхностей. Детали между собой соединяются скрепками из стальной проволоки и каким-либо универсальным клеем.

§ 26. ТРЕХМЕРНЫЕ ДИАГРАММЫ ИЗМЕНЯЕМОЙ ФОРМЫ

Трёхмерную диаграмму, изображённую на рис. 116, можно сделать более наглядной, показав распределение напряжения в процессе движения волн по волноводу. С этой целью конструкцию диаграммы изменяют в соответствии с рис. 119*б*. Основанием диаграммы является деревянный жёлоб, в котором на раз-



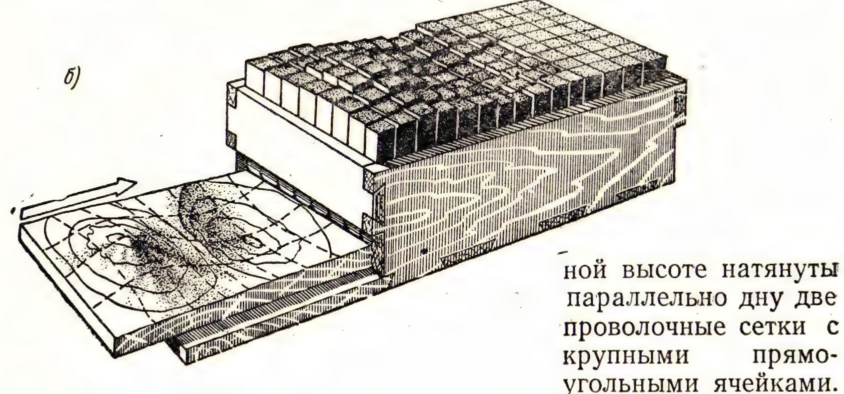


Рис. 119. Диаграммы изменяемой формы, содержащие брусочки: *а)* диаграмма для пояснения сложения синусоид, *б)* трёхмерная диаграмма распределения потенциала в волноводе.

ной высоте натянуты параллельно дну две проволочные сетки с крупными прямоугольными ячейками. По жёлобу может перемещаться отрезок толстой доски, имеющей сферические выступы и углубления соответственно той форме, которую должна иметь поверхность диаграммы. В ячейки сетки установлены деревянные брусочки равной длины. Верхние торцы их образуют поверхность, подлежащую демонстрации. Поскольку брусочки своими нижними концами упираются в доску, лежащую на дне жёлоба, то верхние торцы образуют волновую поверхность.

Если медленно смещать доску, то одни брусочки будут подниматься, другие опускаться, а третьи сохранять своё положение; верхние торцы при этом создадут движение волны. Можно удалить часть брусочков и показать, как изменяется напряжение в различных сечениях волновода. Такая же диаграмма рис. 119*а* даёт возможность разбирать вопросы суммирования синусоид.

Свойства потенциала электрического поля можно очень наглядно пояснить, беря в качестве аналогии гравитационное поле. При этом удобнее использовать трёхмерные диаграммы с изменяющейся формой поверхности, поскольку требуется показать, как изменится движение электронов, если изменить распределение потенциалов на электродах [1]).

[1]) Обстоятельно теория таких пособий изложена в книге В. К. Зворыкина и Д. А. Мортона «Телевидение» (изд. Иностранной литературы, 1956).

Наглядное пособие, изображённое на рис. 120*а,* представляет гравитационную аналогию электрического поля диода с цилиндрическим катодом. На цилиндрическую, желательно жестяную, коробку или кольцо из трубки натягивается листовая резина. Центральная часть резиновой поверхности заделана в трубку, которую можно поднимать и опускать. Из трубы снизу постепенно выталкиваются стальные или стеклянные шарики, изображающие электроны. Шарики скатываются по наклонной резиновой поверхности под влиянием силы тяжести, т. е. силы гравитационного поля. Точки модели, расположенные выше на резиновой поверхности, соответствуют точкам электрического поля с более низким потенциалом. Эту важную закономерность нужно обязательно подчеркнуть перед началом демонстрации.

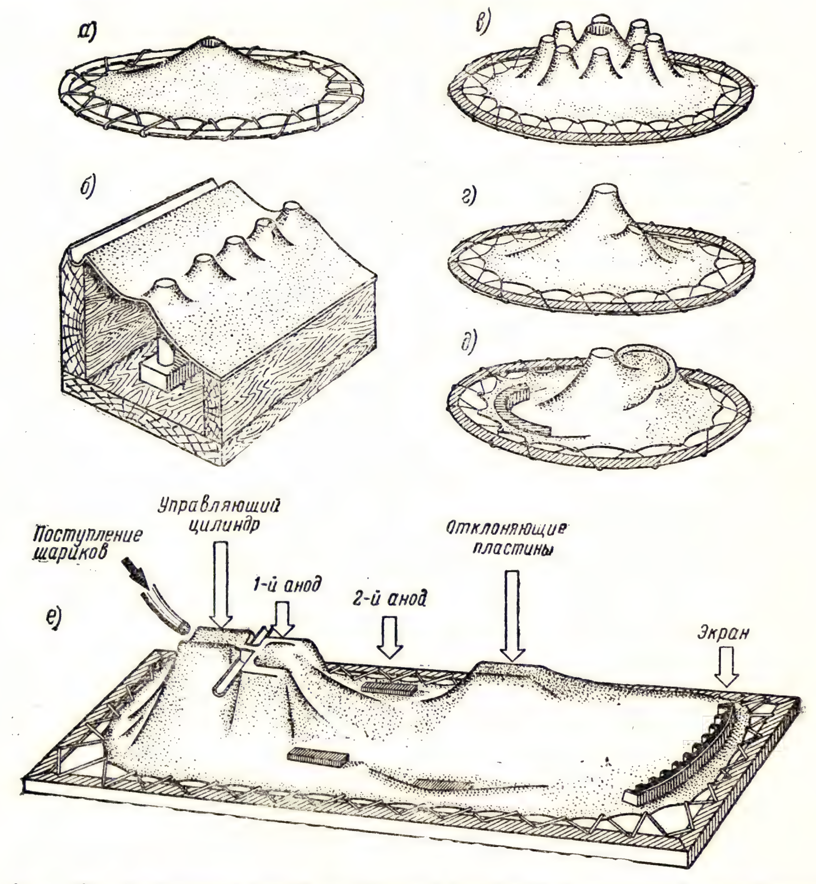


Рис. 120. Диаграммы полей вакуумных приборов с резиновой мембраной: *а)* диод, *б)* триод со спиральной сеткой, *в)* триод с сеткой из прямых нитей, *г)* оптический индикатор настройки, *д)* магнетрон, *е)* электроннолучевая трубка

Чем выше поднята центральная часть, тем ниже потенциал катода по отношению к аноду, или иначе, тем больше анодное напряжение диода.

Если в эту модель ввести кольцо с деревянными цевками и регулировать уровень его расположения, то получим модель триода с сеткой в форме прямых проводов, параллельных катоду. Устройство и внешний вид такой модели представлены на рис. 120*б*. На этом наглядном пособии удобно показывать, как влияет потенциал сетки относительно катода на движение электронов и почему перед сеткой образуется электронное облачко.

Аналогичным образом можно построить макеты многосеточных ламп, причём для пояснения работы ламп со спиральными сетками лучше применять несколько иную конструкцию макета, показанную на рис. 120*в*. Весьма полезным пособием является модель оптического индикатора настройки, построенная на том же принципе (рис. 120*г*). Необходимо сделать вокруг «анода» желобок так, чтобы в нём останавливались скатывающиеся шарики. Их распределение наглядно показывает светящуюся часть экрана.

Рисунок 120*д* изображает макет электрического поля двуханодного магнетрона. Пользоваться шариками на нём нельзя, так как в магнетроне электроны подвергаются воздействию ещё и магнитного поля. Поэтому движение электрона можно грубо продемонстрировать, только пустив по резиновой поверхности детский автомобиль-игрушку с повёрнутым рулём.

Можно сделать демонстрационную модель электронно-лучевой трубки и показать на ней процесс фокусировки и отклонения луча, если из трубки, изображающей электронную пушку, пустить струю шариков (рис. 120*е*). Эту модель рекомендуется делать больших размеров. Во время демонстрации за макетом следует поставить зеркало, наклонённое под углом в 45°, чтобы обеспечить видимость всей аудитории.

Полезно иметь в виду, что для большей точности моделирования уклон поверхности резины не должен превышать 45° и что этот наклон пропорционален напряжённости электрического поля, а сила воздействия резины на подложенный под неё электрод пропорциональна ёмкости электрода оригинала. Иногда в основание модели укладывают толстое стекло. На него устанавливают электроды. Стекло даёт возможность освещать модель снизу и устанавливать электроды по их тени. Во избежание отклонения шариков при начальном толчке полезно катод выполнять в форме электромагнита и применять стальные шарики, которые освобождаются простым выключением электромагнита.

§ 27. ПРОВОЛОЧНЫЕ МАКЕТЫ

Упругая бронзовая, биметаллическая или стальная проволока с успехом может быть использована в макетах для изображе-

ния силовых линий, траекторий движения электронов и других частиц. Если проволочные макеты имеют много узлов пересечения проволок, то после пропайки их получается прочная конструкция. Если изображающие провода не имеют достаточной опоры, то для жёсткости приходится устанавливать дополнительные проволочные опоры. Последние должны быть мало заметными, для этого их окрашивают в цвет фона, тогда как провода, изображающие поле или траектории, окрашивают в яркие цвета. В качестве опор могут служить плоскости из прозрачного материала, установленные поперёк изображающих проводов.

Проволочные макеты показаны на рис. 121. Они предназначены для пояснения расположения силовых линий в двухпроводном фидере, питаемом соответственно постоянным током (121*а*), переменным током в отсутствии (121*б*) и при наличии (рис. 121*в*) стоячих волн. Последний макет (рис. 121*г*) представляет электромагнитное поле в коаксиальной линии.

Провода на всех этих макетах окрашены в яркие, хорошо заметные тона, причём «электрические силовые линии» имеют, например, красный цвет, «магнитные силовые линии» — белый, поддерживающие провода — чёрный цвет, т. е. тот же цвет, что и консоли, на которых укреплены макеты. Если такая проволочная модель изготовляется для демонстрации поля в волноводе, то стенки волновода выполняют из органического стекла, в котором удобно закреплять провода.

Для удобства пояснения, в этих макетах часто устанавливают жестяные стрелки, изображающие векторы $\overline{E}$,$\overline{H}$ и $\overline{S}$ для некоторой точки поля.

На концы оборванных силовых линий следует наплавлять капельки олова по соображениям техники безопасности.

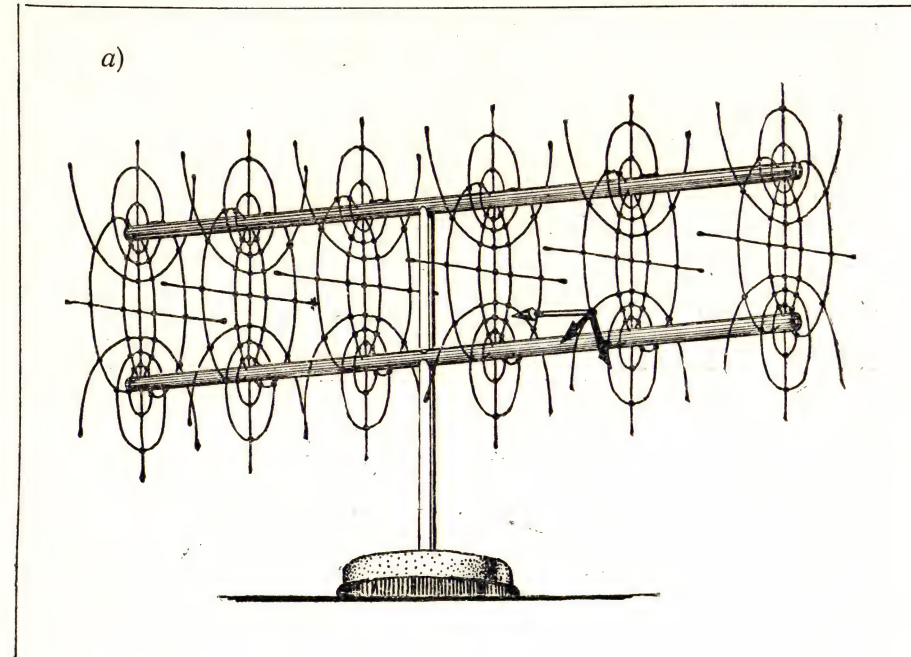
Макет электромагнитного поля может получиться настолько сложным, что разобраться в нём становится нелегко. В таких случаях необходимо иметь ещё два дополнительных макета: на одном демонстрируется одно только электрическое поле, а на другом — магнитное (рис. 121*в*).

Как уже указывалось, траектории движения частиц тоже удобно иллюстрировать на проволочных моделях. На рис. 122*а, б,в* изображены макеты, поясняющие траектории движения электронов соответственно в поле короткой фокусирующей катушки, длинной фокусирующей катушки и при электростатической фокусировке. На рис. 122*г* изображены траектории полёта электронов, падающих с Солнца на Землю.

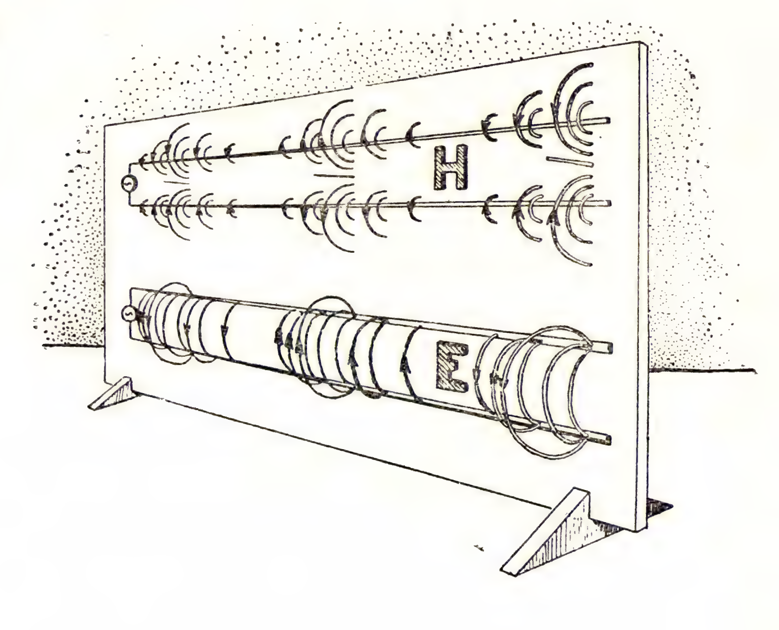
На модели (рис. 122*в*) установлены изогнутые поверхности из слегка подкрашенного иодом или матированного органического стекла, представляющие эквипотенциальные поверхности фокусирующей системы и одновременно служащие опорами для отдельных проводов.

Из проволоки и деревянных или гипсовых шариков изготовляют также макеты кристаллических решёток, которые полезны

а)



б)



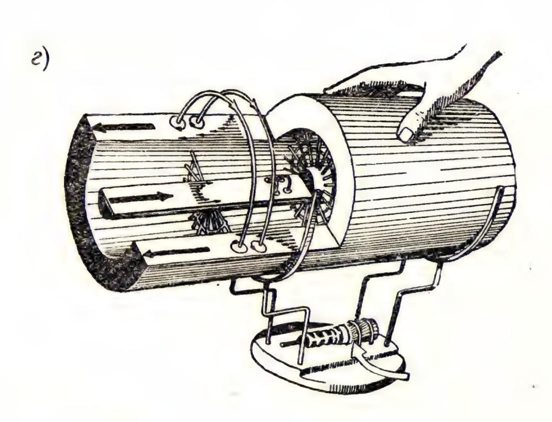


Рис. 121. Проволочные макеты, изображающие расположение силовых линий *а)* линия с постоянным током, *б)* линия с отражением волн, *в)* линия с бегущей волной, *г)* коаксиал с волной типа TE_{01}.

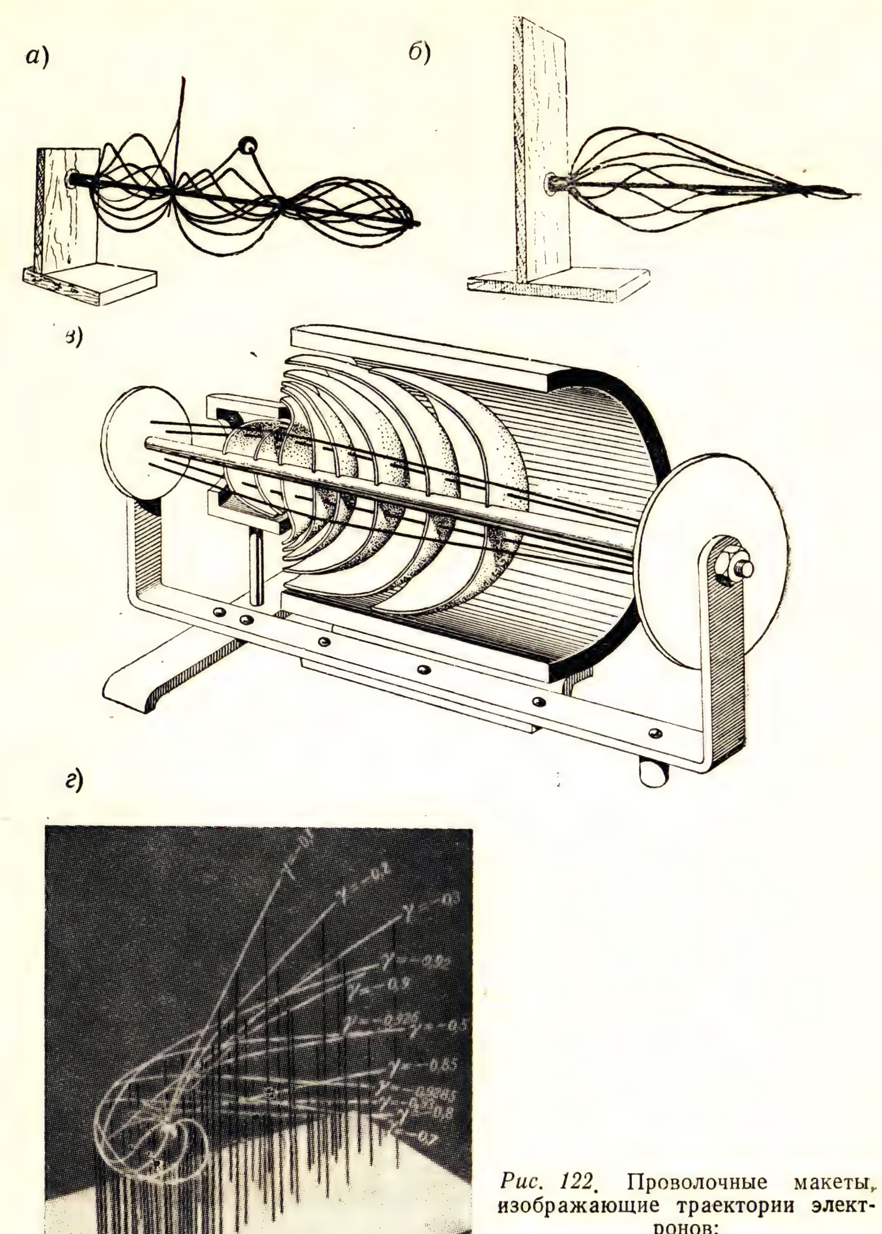


Рис. 122. Проволочные макеты, изображающие траектории электронов:
а) в длинной фокусирующей катушке, *б)* в короткой фокусирующей катушке, *в)* в электростатической линзе, *г)* в поле земного магнетизма

при разборе работы люминофоров, трубок с темновой записью и т. п.

При изготовлении проволочных макетов необходимо заботиться об аккуратности исполнения и прочности их. Пайку рекомендуется производить большим паяльником. Тогда она происходит так быстро, что соседние спаянные места не успевают прогреваться. В качестве флюса следует применять не канифоль, а хлористый цинк. Кроме того, удобно использовать заранее пролужённый провод.

Выгибание проводников производят по заранее приготовленному чертежу.

§ 28. МАКЕТЫ-УВЕЛИЧЕНИЯ

Нет смысла демонстрировать в большой аудитории мелкие детали, так как издали трудно рассмотреть особенности конструкции. Некоторые преподаватели пускают мелкие пособия по рукам. При такой методике проведения демонстрации препарированные детали быстро повреждаются, а главное, на период осмотра, поглощающего много времени, приходится прекращать изложение материала. Особенно трудно в таких условиях демонстрировать рабочие приёмы, например, порядок заделки концов кабелей и проводов, регулировку подвижной системы измерительных приборов и т. п.

Макеты-увеличения позволяют обойти все эти трудности. Благодаря своим крупным размерам, они хорошо видны всей аудитории. Преподаватель имеет возможность непрерывно концентрировать внимание всех учащихся на нужном объекте, давать объяснения всем учащимся одновременно. Такие макеты дают возможность производить групповое обучение методом «показа», который при отсутствии этих пособий бывает доступен только при индивидуальном обучении.

Поскольку макеты-увеличения должны способствовать усвоению только идеи конструкции или рабочего приёма, нет необходимости добиваться точного подобия, а можно ограничиться только внешним сходством.

Показать приёмы наложения марки при заделке концов проводника можно, например, используя толстую верёвку в качестве заделочной нитки и картонную трубку или свёр-

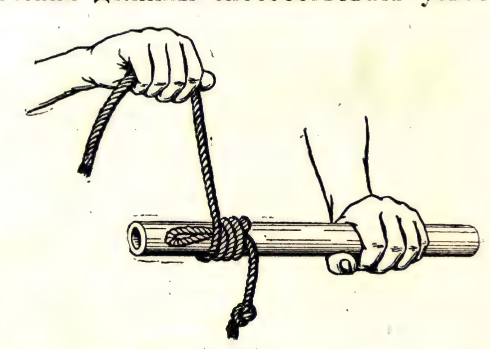


Рис. 123. Демонстрация наложения марки на провод

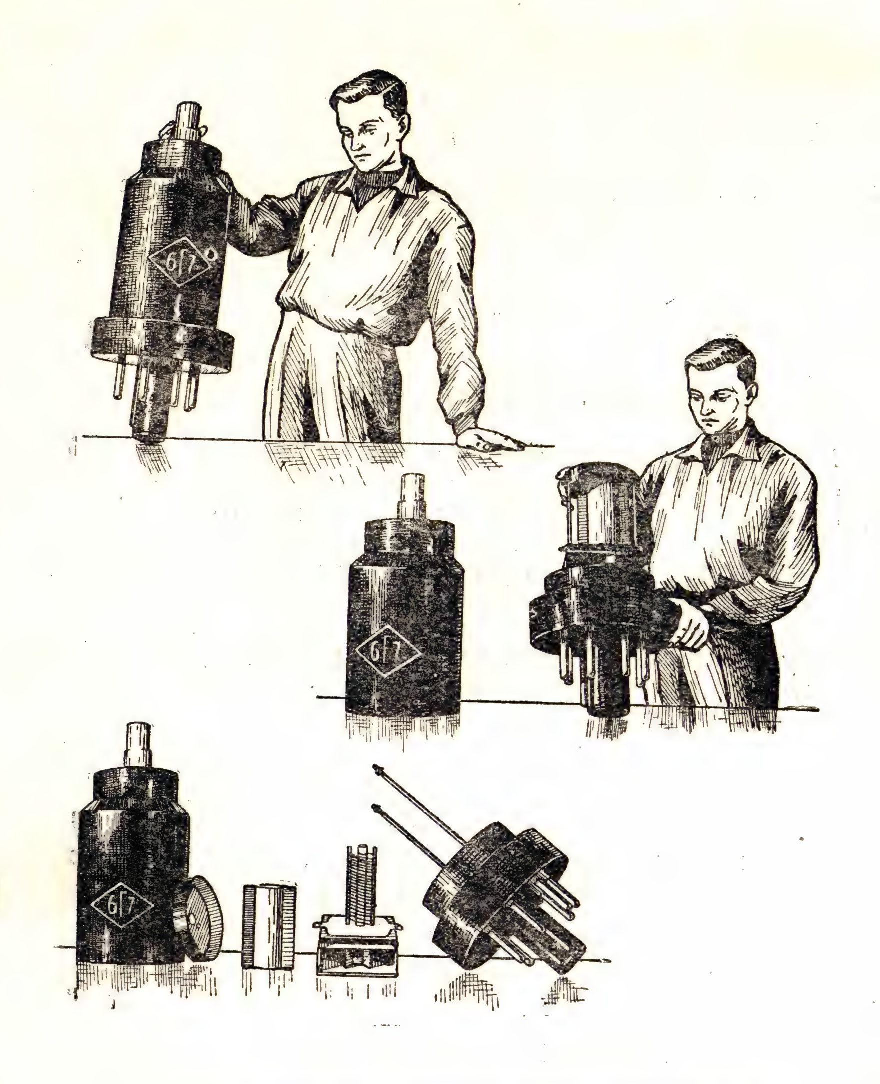


Рис. 124. Демонстрация разборного макета электронной лампы

ток чертёжной бумаги в роли конца заделываемого провода (рис. 123).

Для имитации стекла в таких макетах очень удобно применять листовое органическое стекло или целлулоид, которым можно придать нужную форму методом горячей вытяжки. Если нет возможности достать или обработать такие материалы, то «стеклянные детали» выполняют из папье-маше, окрашивают их в

светлоголубой цвет и, если необходимо, делают их разборными или съёмными (рис. 124).

Макеты вакуумных приборов можно выполнять разборными. Крупные фигурные детали выполняют из картона или папье-маше, а более мелкие, например траверсы, сетки — из проволоки и дерева. Все детали соответствующим образом раскрашивают. На рис. 125 приведены образцы различных макетов-увеличений.

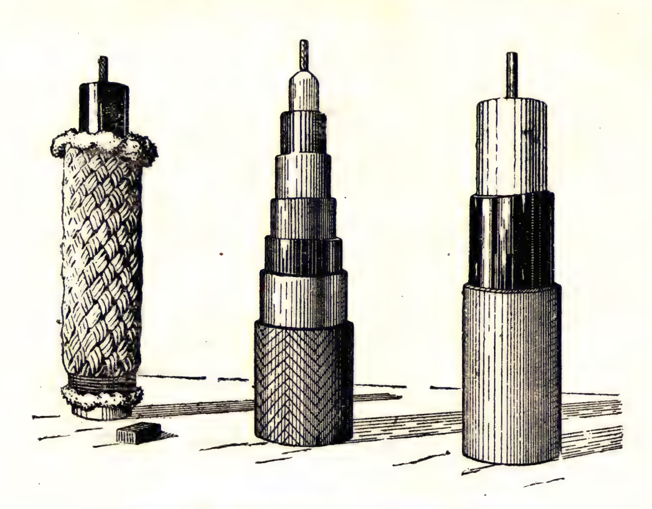


Рис. 125. Макеты-увеличения кабелей

Макет-увеличение используется всего один раз за весь курс, а для хранения требует много места. Поэтому рационально хранить эти пособия не в препараторской или кабинете, а в общем хозяйственном складе, предусмотрев для этого соответствующие стеллажи, бумажные чехлы и т. п.

§ 29. МАКЕТЫ-УМЕНЬШЕНИЯ

Макеты-уменьшения полезно применять в тех случаях, когда приходится излагать вопросы, связанные с объектами настолько крупными, что их невозможно демонстрировать непосредственно в аудитории. В большинстве своём это различные сооружения на местности: длинноволновые и коротковолновые антенны, технические здания с внутренним их оборудованием, участки земной поверхности с различными линейно-кабельными сооружениями и т. п.

Макеты-уменьшения требуют большой, продолжительной и кропотливой работы. Для их изготовления применяются самые

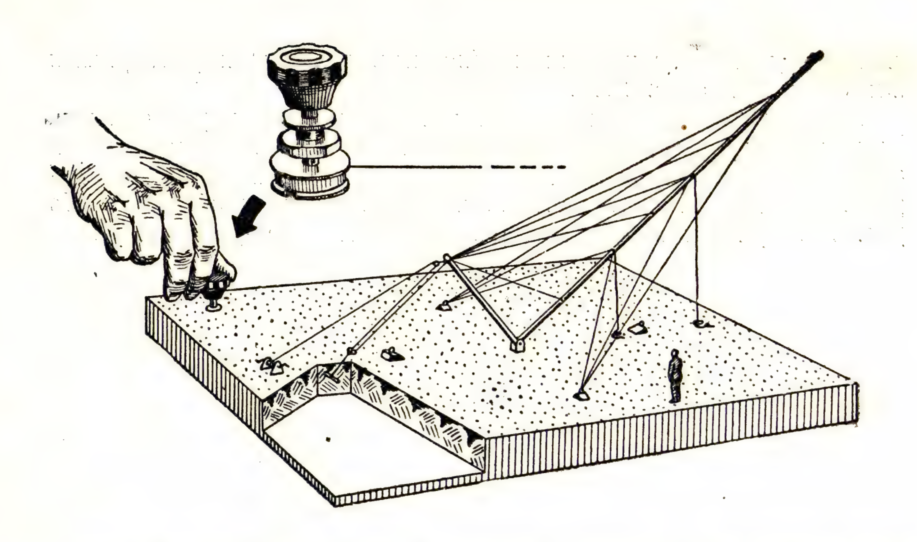


Рис. 126. Макет-уменьшение оборудования площадки для подъёма мачты посредством стрелы

доступные и недорогие материалы: картон, бумага, гипс, мел, шпагат, нитки, проволока и т. д.

На рис. 126 изображён макет-уменьшение, предназначенный для пояснения техники подъёма металлической мачты с помощью стрелы. Он представляет собой плоскую фанерную коробку, смазанную по поверхности столярным клеем и засыпанную древесными опилками и мелкой стружкой. После окраски зелёной краской этот слой приобретает вид «травы».

На коробке установлены тщательно изготовленные из проволоки и обрезков жести уменьшенные копии мачты, стрелы, лебёдки и блоков. Макет действующий. Толстая сапожная нитка, изображающая подъёмный трос, переброшена через ролик «лебёдки», пропущена сквозь коробку и закреплена на ролике. Нитки-оттяжки внутри коробки снабжены пружинками, поэтому они находятся в натянутом состоянии. При вращении рукоятки мачта поднимается, подъёмная стрела ложится, а барабанчик «лебёдки» вращается. В качестве нити в таком макете можно применить рыболовную капроновую леску. Примерно таким же образом изготовлены макеты, приведённые на рис. 127.

Необходимо заметить, что модели-уменьшения дают возможность демонстрировать электрические параметры. Например, соблюдая определённые законы подобия, можно на уменьшенном макете, питаемом частотой, увеличенной соответственно уменьшению геометрических размеров, снимать характеристики направленности, находить распределение амплитуд токов и напряжений.

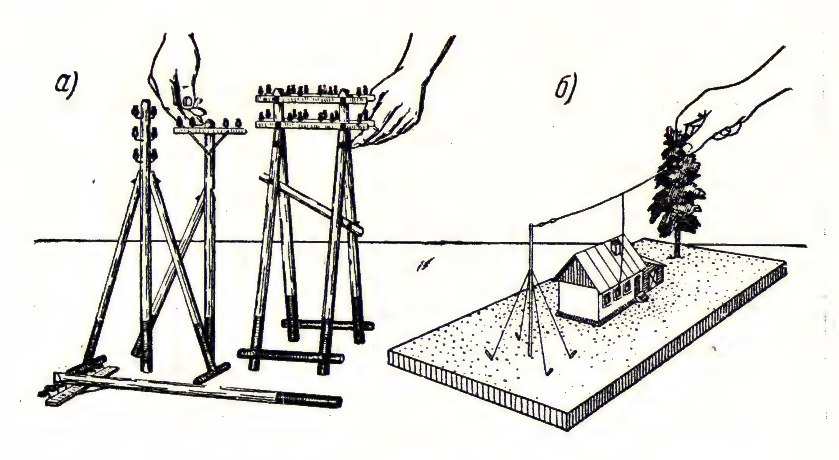


Рис. 127. Макеты-уменьшения:
а) опоры для проводных сетей, *б)* Г-образная антенна

Пользуясь макетом воздушной линии с специально изготовленным проводом, обеспечивающим повышенные значения погонных параметров, можно производить измерение параметров, обнаруживать места повреждений и т. п. Более подробное изложение принципов построения таких макетов приводится в гл. VI.

Макеты-уменьшения, изображающие внутренний вид технических зданий (передающих и приёмных центров, радиоузлов и т. п.), а также крупные участки земной поверхности (например, для показа расположения укв ретрансляционных станций, размещения посадочных радиомаяков) изготовляют гораздо реже, учитывая, что в них много труда и времени приходится затрачивать на кропотливую отделку чрезвычайно мелких второстепенных деталей, обеспечивающих внешнее сходство.

Макет приёмного радиоцентра, изображённый на рис. 128, изготовлен из фанеры, картона деревянных чурок, проволоки и ниток. «Стены здания» сделаны из тонкой фанеры, набитой на распорные брусочки, а «приёмники» и «распределительный щит» — из деревянных чурок. Стены, пол и все приёмники оклеены бумагой, разрисованы тушью и раскрашены.

Поскольку макеты должны служить в течение многих лет, необходимо применять исключительно высококачественные материалы, особенно клей. В последний необходимо подмешать противогрибковые вещества. Хорошо для этой цели использовать нитроклей, не боящийся сырости.

При изготовлении макетов-уменьшений часто приходится изготовлять детали рельефа местности: холмы, горы, водные поверхности, зелёную растительность. Производство каждой детали имеет свои особенности.

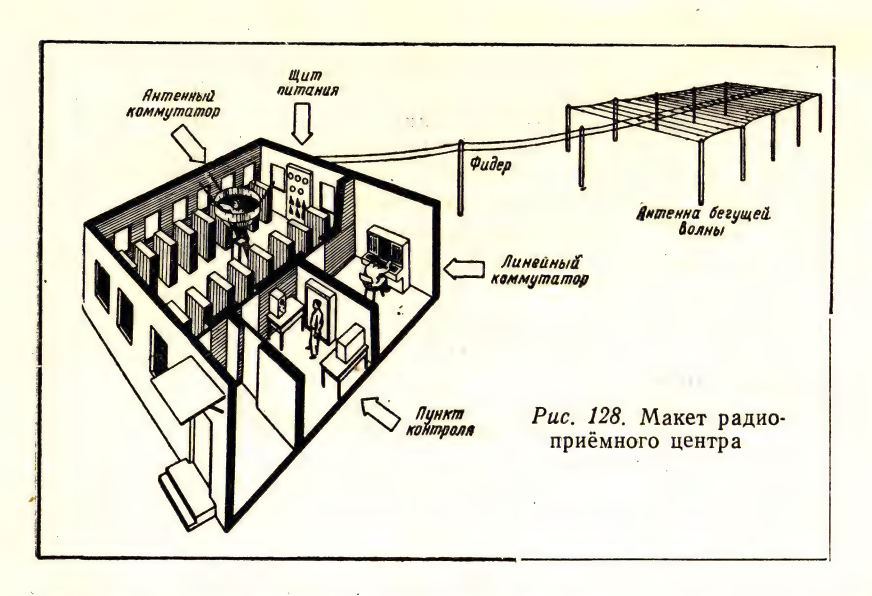


Рис. 128. Макет радиоприёмного центра

Рельеф почвы можно изготовить из дерева, папье-маше или гипса. Дерево используют только в небольших макетах с относительно простой поверхностью. Некрупные холмы можно вытесать стамеской из берёзовой чурки, пологий склон — выгнуть из тонкой фанеры.

Более сложный рельеф приходится лепить из глины. Не дожидаясь пока глина высохнет, на её поверхность наносят слой папье-маше любым из рассмотренных выше способов. Высыхание этого слоя происходит одновременно с глиной в течение примерно недели.

Наиболее прочным является гипсовый слепок. Для его изготовления глиняный рельеф заливают гипсом, разведённым до консистенции сметаны. Для того чтобы позже было легче работать, гипс подкрашивают любой сухой краской. Когда гипс затвердеет, отливку перевёртывают и осторожно укладывают в ящик с песком, с таким расчётом, чтобы гипсовая форма опиралась на возможно большую поверхность. Глина извлекается, а форма высушивается. После смазывания формы смесью из 1,6 в.ч. керосина, 1,5 в.ч. машинного масла и 2 в.ч. расплавленного стеарина в форму можно заливать жидко разведённый гипс. Гипсовая отливка после застывания может быть извлечена из формы. При сложном рельефе форму приходится раскалачивать, т. е., действуя отвёрткой как зубилом, по кускам откалывать окрашенный слой формы.

Если модель имеет крупные размеры, то для прочности в гипс можно ввести марлю или мешковину. Для этого в форму вливают сравнительно малую порцию гипса и, наклоняя её в разные сто-

роны, добиваются, чтобы гипс хорошо заполнил все углубления и распределился ровным слоем. После застывания гипса на него накладывают слой марли или мешковины, смоченной в жидком гипсовом растворе, и вновь заливают форму небольшим количеством гипса. Марля обеспечивает прочность, образуя каркас. Более прочен каркас из проволочной сетки, технология установки которого не отличается от предыдущей. Нужно только из сетки выгнуть рельеф, подобный отливаемому.

Для большей прочности макета в процессе отливки в него заделывают рёбра жёсткости и стоечки из смоченной гипсовым раствором фанеры или заранее отлитые из гипса.

Гипсовый раствор обычно составляют, постепенно всыпая и размешивая 10 в.ч. гипса в 7 в.ч. воды. Учитывая быстрое схватывание гипса, его не следует слишком долго перемешивать, иначе он станет непрочным и рыхлым. Разводить гипс лучше всего в резиновом сосуде, который легче очищается. Для сокращения времени затвердевания гипса в него можно добавить немного поваренной соли, а для удлинения — жидкого столярного клея [Л59].

Водные поверхности, реки, озёра изображают с помощью обычного стекла. С оборотной стороны его серебрят или окрашивают светло-голубой краской. Можно использовать и органическое стекло, на поверхности которого в горячем состоянии можно выдавить «рябь» или «волны». При этом нужно не забывать, что на реке у одного из берегов рябь отсутствует и вообще ложится неровно. Если применять тонкое стекло, то отражение от его поверхности получается более естественным.

Зелёную растительность, «траву» получают, посыпая опилками поверхность макета, смазанную клеем и окрашивая полученный слой краской. Гораздо труднее сделать «кусты» и особенно «деревья». В зависимости от масштаба макета для этой цели можно использовать различные материалы: сухой мох, обрезки ворсистых материалов, губки, различные мочалки, мех, заструганную щепу (рис. 129) и т. д. В некоторых случаях кусты и деревья можно вылепить из гипса, расчёсанного гребёнкой, когда он ещё не затвердел. Для раскраски кустов и деревьев нужно употреблять более тёмные тона, чем для травы.

Различные постройки на местности можно вырезать из дерева, гипса, мела, пробки и аналогичных, легко обрабатываемых материалов.

Нужно заметить, что изготовление макетов-уменьшений лучше всего производить в техническом кружке учащихся, объединяя для изготовления одного макета несколько человек.

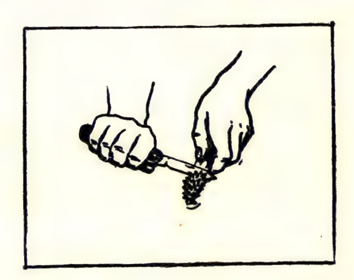


Рис. 129. Изготовление «ели»

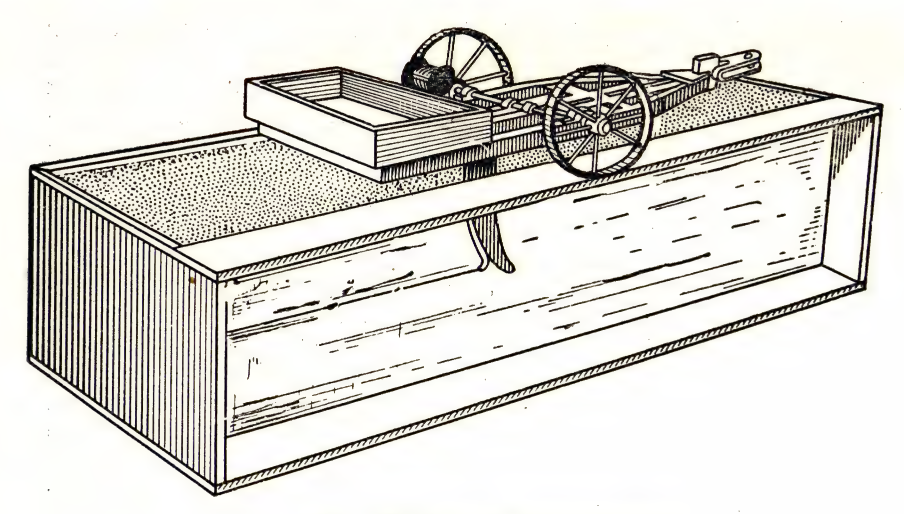


Рис. 130. **Макет кабелеукладчика**

Примером макета-уменьшения может служить пособие, предназначенное для пояснения работы кабелеукладчика (рис. 130). На специальный ящик, снабжённый стеклянной стенкой и засыпанный песком, установлен уменьшенный макет кабелеукладчика. Рама сделана из полосок жести, колёса использованы от игрушечной коляски, остальные деревянные части выпилены из фанеры. Детали соединяются между собой заклёпками из медного провода диаметром 1,5 *мм*. На катушке кабелеукладчика намотана ярко-красная нить. Если макет перемещать вдоль стеклянной стенки, то видно, как происходит процесс укладки кабеля.

ГЛАВА V

ПРЕПАРИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

§ 30. МЕТОДЫ ПРЕПАРИРОВАНИЯ

При чтении радиотехнических курсов препарированными деталями пользуются сравнительно редко. Тем не менее эти пособия всё же необходимо применять, поскольку и в радиоаппаратуре имеются довольно сложные конструкции. В ряде случаев препарирование необходимо для пояснения вопросов электрического монтажа.

Назначение всякого препарирования заключается в том, чтобы показать конструкцию и взаимное расположение различных механических деталей, скрытых от обзора в готовом изделии. Его можно производить двумя путями: из полностью собранного механизма вырезать часть, например, наружный кожух или четверть, аналогично тому, как это условно производят на чертежах, или разобрать изделие на составные части и закрепить их на доске в порядке проведения сборки. Назовём условно первый способ методом сечения, а второй — методом растяжки.

Производство сечений зачастую является очень трудоёмкой работой. Оно должно быть произведено весьма осторожно, аккуратно и хорошо продумано заранее. Необходимо составить чертёж и проверить по нему, не будут ли при разрезе повреждены какие-либо важные детали конструкции.

В ряде случаев можно ограничиться вскрытием наружного покрова, например баллона лампы. При этом внутренние части детали остаются нетронутыми, а препятствия для обзора устраняются.

Бывают случаи, когда необходимо разрезать значительную часть детали. При этом желательно сохранить не только взаимное скрепление деталей, но и свойственную им в работе подвижность. Так, например, при выполнении сечения радиоумформера следует вырезать четверть или треть статора и ротора, но оставить нетронутыми ось и подшипники. В отдельных случаях приходится производить сечение не по плоскостям, а уступами или даже в форме окон различной конфигурации (рис. 131).

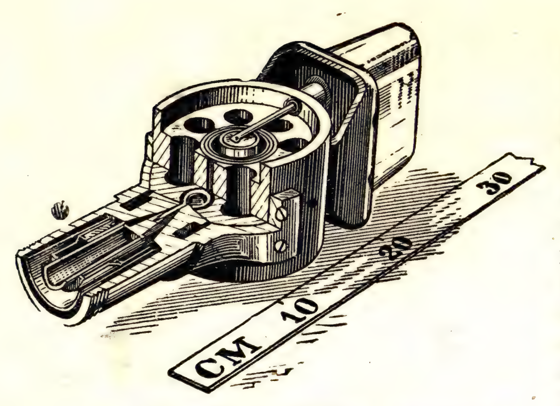


Рис. 131. Препарированный магнетрон

Технологию производства сечений приходится подобрать применительно к каждому конкретному случаю. Однако имеется ряд общеупотребительных приёмов, на которых полезно остановиться. Следует иметь в виду, что удобнее резать целый механизм в сборе, а не по отдельным деталям; при этом автоматически получается правильная общая плоскость разреза, с которой совмещаются грани разреза всех деталей. Если же разрезать детали по отдельности, сечения могут не совместиться.

Разрезание обычно производят на фрезерном станке с помощью тонких мелкозубчатых дисковых или цилиндрических фрез. В необходимых случаях применяют фрезы с пластинками из твёрдых сплавов. Некоторые детали удобно разрезать на электроискровых станках. Особо твёрдые материалы, например магнитные сплавы, можно разрезать посредством абразивных кругов. Обычно грань разреза получается неровной, с «прижогами» и следами обработки. Для придания аккуратного вида грань приходится дополнительно шлифовать напильником с мелкой насечкой или шлифовальными станками.

Грани разреза, как правило, окрашивают в красный цвет, чтобы подчеркнуть, что данная плоскость является искусственной для этой детали и в нормальных условиях находится внутри её тела. Если необходимо отметить разницу между соприкасающимися деталями, их сечения окрашивают разными оттенками красного цвета.

При разрезании устройств, содержащих моточные детали, необходимо заранее пропитать обмотки компаундом или лаком, чтобы они не распадались. Охлаждающая эмульсия, применяемая при разрезании, не должна содержать веществ, растворяющих пропиточный лак или компаунд.

Наиболее простые разрезы производятся ножовкой. При выполнении сечений приходится иногда изготовлять инструмент и приспособления, проявлять изобретательность, чтобы препарированное устройство соответствовало методическим требованиям и имело достаточно аккуратный вид. Так, например, многожильные кабели удобно разрезать или вернее перетирать ножовочным полотном, заточенным, как обычный нож. При этом способе, в отли-

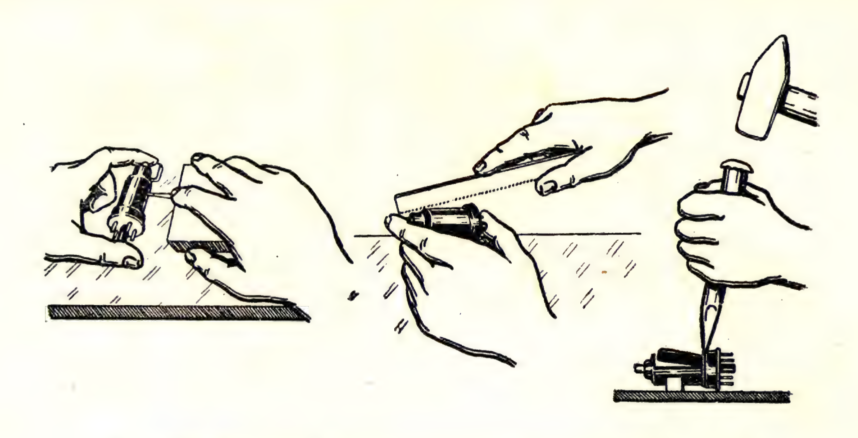


Рис. 132. Методика препарирования металлической лампы

чие от всех других, отдельные жилки остаются на месте, не «затягиваются» режущим иструментом.

Приведём в качестве примера процесс получения сечения металлической лампы типа 6К7. Последовательные этапы этой работы приведены на рис. 132. Всю работу выполняют очень осторожно, чтобы не повредить внутренних электродов лампы. Для получения аккуратного разреза необходимо применять ножовочные полотна, подточенные с боков, а также различные упоры, предохраняющие от неверных движений. В заключение надфилем зачищают грани разреза и окрашивают их.

§ 31. ЗАЩИТА ПРЕПАРИРОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ

При выполнении сечений устройств нельзя упускать из виду, что учащиеся, в силу совершенно естественной любознательности, не только осматривают, но и ощупывают пособия.

Если имеется опасение, что наглядное пособие может быть повреждено, то разрезанное место или всё пособие целиком необходимо защитить каким-либо прозрачным материалом: простым или органическим стеклом или целлулоидом (рис. 133). Эти вещества легко обрабатываются режущим инструментом и посредством горячего вытягивания им можно придать любую форму. Мелкие детали, вроде маломощных радиоламп, конденсаторов, переключателей и т. п., удобно заключать в отрезок стеклянной трубы, баночку, колбу или стеклянный баллон от перегоревшей лампы. Для этой цели также пригодны стеклянные сосуды, предназначенные для биологических препаратов. Препарированный объект должен быть закреплён внутри защитного покрытия при помощи картонных стеклянных пластинок, шайб, проволочных распорок, ниток и т. п.

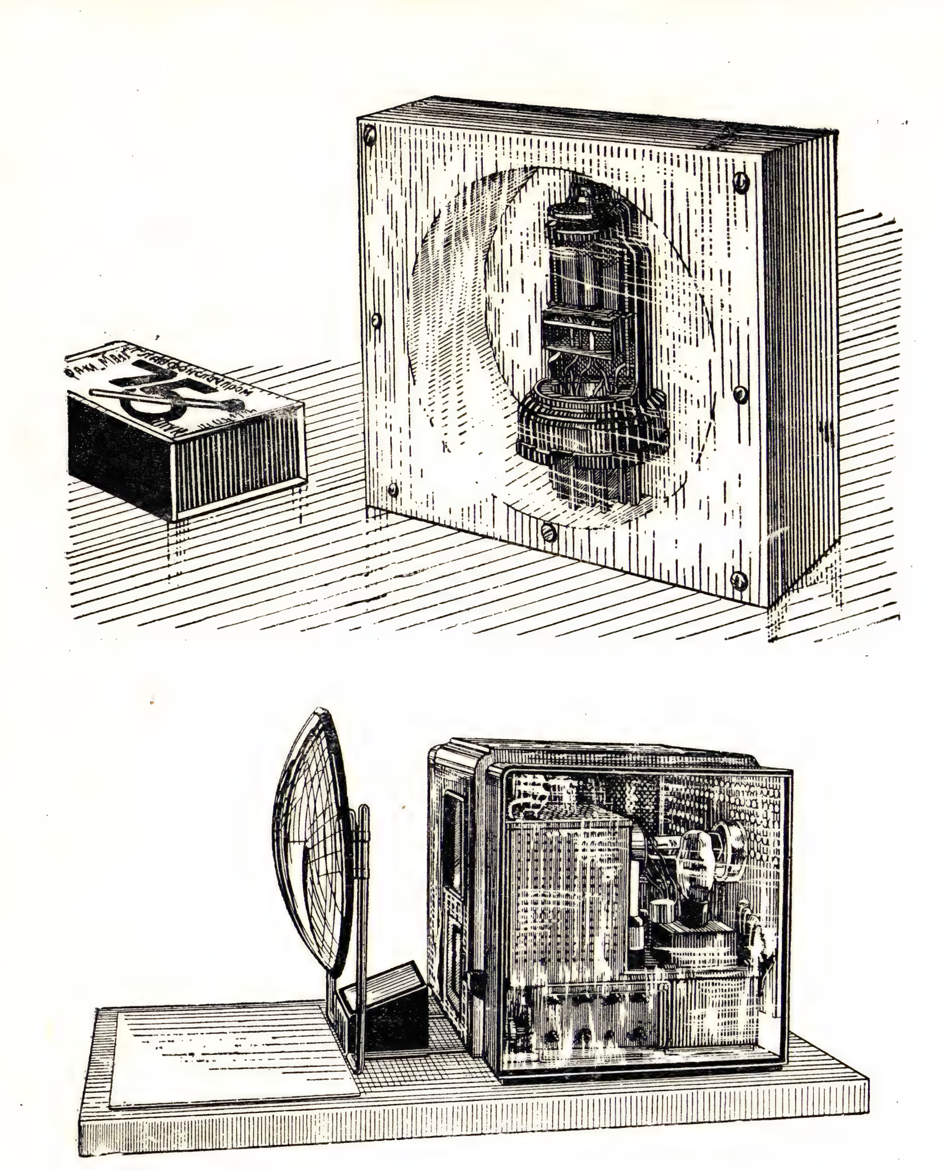


Рис. 133. Предохранение наглядных пособий от повреждений

Горячее вытягивание целлулоида производится при температуре около 80°, а органического стекла—при температуре 120°÷150° [Л11]. Целлулоид можно нагревать в кипящей воде, а органическое стекло — в духовом шкафу или над электрической плиткой. Перегрев приводит к помутнению поверхности и потере прозрачности. Для вытягивания нужно изготовить матрицу и пуансон. Матрица представляет собой деревянную доску, в которой вырезано отвер-

стие, края его должны быть закруглены и зашлифованы, учитывая, что на вытяжке отпечатываются все неровности. Пуансон должен иметь ту форму, которую необходимо придать вытяжке. Размеры его должны быть меньше матрицы на толщину вытягиваемого материала. В качестве пуансона можно использовать удалённую часть с препарируемой детали.

Подогретый целлулоид укрепляют на матрице (например, ручными тисочками или струбцинами) и вдавливают в отверстие пуансон. При работе с целлулоидом это можно делать в горячей воде. Вытяжку охлаждают, не вынимая пуансона.

Если форма защитной поверхности настолько сложна, что пуансон нельзя будет извлечь, то эту поверхность делают из нескольких частей, которые после изготовления склеивают нитроклеем. Целлулоид можно склеивать ацетоном или амилацетатом. Последние интенсивно растворяют целлулоид, поэтому клеящее вещество можно наносить в небольших количествах, иначе сушка шва занимает более суток, вместо нескольких часов, и сопровождается короблением изделия. Для склеивания органического стекла можно использовать самодельный клей, полученный растворением опилок органического стекла в ледяной уксусной кислоте или в муравьиной кислоте.

Другой вид препарирования деталей — растяжку — удобно применять в случаях, когда требуется показать устройство относительно простых отдельных частей, а также порядок их сборки. Особенно часто возникает необходимость пояснять эти вопросы при обучении персонала, имеющего дело с производством или ремонтом аппаратуры. Растяжки выполняют на щитах, укрепляя не только отдельные детали, но также отдельные узлы и полностью собранное устройство.

Основное методическое правило, которого нужно придерживаться при изготовлении таких наглядных пособий, состоит в следующем. Детали необходимо располагать на макете в порядке последовательности их сборки. Детали разносят (растягивают) по одной или нескольким осям, являющимся осями сборки. Например, желая показать конструкцию потенциометра, нужно отдельные детали расположить, как показано на рис. 134.

Детали укрепляют на щитах тонкой стальной проволокой или при помощи скрытых болтиков гайками, припаиваемыми непосредственно к деталям. Вместо щита можно применить застеклённый ящик-витрину. Это предохраняет детали от повреждений.

Полезно на щите с растяжкой поместить фотографии, поясняющие технологические операции сборки и обработки. Если растягиваемое устройство имеет несколько осей сборки, то расположение деталей на щите должно это отражать. Для облегчения усвоения композиции деталей в этих случаях имеет смысл применять стрелки, окрашенные полосы, сноски и т. п.

При изготовлении щитов следует заботиться о высоком эстетическом уровне оформления. Рекомендуется детали закреплять

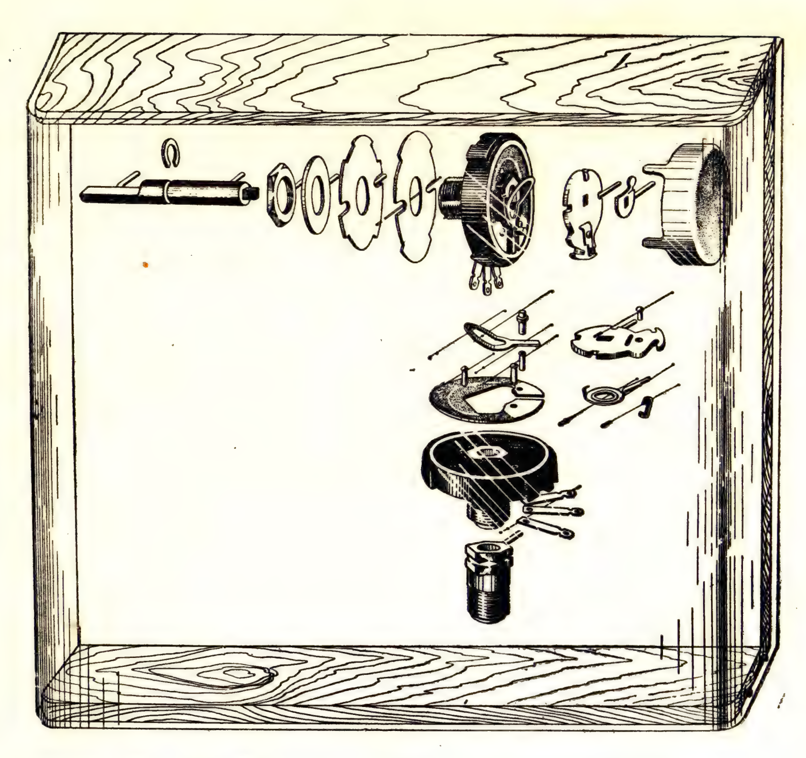


Рис. 134. Щит с растяжкой деталей потенциометра

не непосредственно на щите, а на специальных пластинках, подкладках или паспарту, имеющих круглую, прямоугольную форму или форму деталей. Эти пластинки делают из различных декоративных материалов, вроде цветных пластмасс, текстолита, эбонита, гетинакса, окрашенного или обтянутого материей картона. К щиту их прикрепляют каким-либо универсальным клеем.

Мелкие надписи на щитах с растяжками полезно также помещать на пластинки-паспарту, а крупные — делать в форме набора выпуклых букв, выпиленных лобзиком из листового материала или вырезанных острым ножом из толстого картона.

В последние годы широко применяется обтягивание щитов суровым, некрашенным холстом.

ГЛАВА VI

ДЕЙСТВУЮЩИЕ СХЕМЫ

§ 32. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Действующие схемы особенно полезны для учащихся с невысоким уровнем радиотехнической подготовки. Такие учащиеся ещё плохо владеют искусством «думать схемами». Подобным искусством обладает конструктор-механик, который, разбирая или создавая механизм, представляет себе конструкцию не в словах, а в образах трёхмерных деталей. Также и математик, пользуясь математическим анализом, оперирует математическими символами. Умение рассуждать радиотехническими символами и схемами является одной из главных составных частей квалификации радиоспециалиста.

Подобно тому, как различные макеты геометрических тел, применяемых в курсах черчения и начертательной геометрии, способствуют развитию пространственного мышления, так и действующие схемы помогают формированию мышления радиосхемами. В итоге обучения учащийся должен уметь анализировать работу схемы, понимать различные её преобразования, абстрагируясь от реального содержания символов, от конструктивного выполнения деталей, которые они обозначают, и обращаться с радиосхемой именно как со схемой, т. е. графически условным изображением, подчиняющимся определённым правилам, в значительной степени приобретшим тоже условный характер. Дальнейшим этапом овладения схемами должно быть воспитание навыков перехода к наиболее рациональным эквивалентным схемам, рассчитанным на использование математического и, в первую очередь, векторного аппарата.

Каждая действующая схема представляет собой пособие, занимающее промежуточное положение между принципиальной схемой и тем реальным устройством, которое она изображает. В зависимости от идеи и конструкции, действующая схема может оказаться ближе к одному или другому из указанных полюсов. В действующих схемах с помощью световых и звуковых эффектов, размещения на схематическом изображении реальных деталей «оживляют» принципиальную схему.

Радиолюбительские выставки показывают непрерывно возрастающий интерес к таким наглядным пособиям. Следует отметить, что лабораторные занятия, проводимые на установках, конструктивно выполненных в виде действующих схем, проходят в более сжатые сроки и с большей пользой, нежели в тех случаях, когда используются обычные «закрытые» установки. Это подтверждает опыт лучших технических учебных заведений [Л57]. Приступая к изготовлению действующей схемы нужно подготовить принципиальную схему, добиваясь максимальной её удобочитаемости.

Основные типы действующих схем находят себе применение не только в радиотехнике, но и в электротехнике, промышленной электронике, телефонии, телеграфии, автоматике и других родственных дисциплинах. Многие принципы, используемые в действующих схемах, применяют не только для учебных целей, но также и для контроля в промышленной энергетике и автоматике.

Основные типы действующих схем:

1. Иллюминированные схемы — это схемы, на которых посредством световых эффектов показываются последовательность работы, направление и пути протекания токов, полярность потенциалов, направление и пути прохождения сигналов, т. е. создаётся некоторое подобие мультипликационного фильма.

2. Развёрнутые или плоские схемы — это действующие установки, в которых детали размещаются на одной плоскости, в то время, как в реальном радиоустройстве детали конструктивно располагаются в трёхмерном пространстве.

3. Пространственные схемы антенн и линейно-фидерных устройств представляют собой макеты-уменьшения антенн, питаемые колебаниями с соответственно укороченной длиной волны, предназначенные для демонстрации распределения токов и напряжений, а также для исследования характеристик направленности.

4. Препарированные установки — это реальные действующие радиотехнические сооружения, в которых с целью повышения наглядности отдельные части экранов или других элементов заменены прозрачными поверхностями (стеклом, проволочной сеткой) или удалены, вследствие чего внутренняя конструкция становится доступной для обозрения.

5. Акустические аналогии служат для пояснения вопросов преобразования частот и амплитуд. Они представляют собой установки, в которых изменён масштаб частот. Радиочастотные колебания заменены звуковыми, которые можно обнаружить посредством громкоговорителя.

Рассмотрим некоторые из перечисленных типов в отдельности.

§ 33. ИЛЛЮМИНИРОВАННЫЕ СХЕМЫ

Основой иллюминированной схемы является доска, затянутая полупрозрачным материалом, например, цветным целлулоидом

или тонкой бумагой, на которой нарисована или собрана необходимая схема. Доска под полупрозрачным материалом в нужных местах имеет соответствующей формы прорези или систему отверстий, которые в определённые моменты освещаются. Изменение освещения может производиться как переключением лампочек, так и путём перемещения шторок. В первом случае предусматривают специальные коммутаторы или реостаты, изменяющие накал лампочек, во втором — механические устройства для приведения в действие шторок.

Методы осуществления иллюминации можно разделить на следующие три группы:

1. Метод огня постоянной яркости, при котором отдельные участки оказываются либо полностью освещёнными, либо затемнёнными, без промежуточных градаций освещённости.

2. Метод огня пропорциональной яркости, при котором освещение отдельных участков изменяется плавно, отображая различные величины, например степень накала нитей ламп, напряжённость электрического поля и т. п.

3. Метод бегущего огня, при котором путём поочерёдного освещения близлежащих участков создаётся иллюзия движения сигнала, заряда и пр.

В качестве примера использования метода огня постоянной яркости можно привести иллюминированную схему *Кенотронный выпрямитель* (рис. 135) [Л31]. В этом наглядном пособии с помощью отдельных лампочек освещаются знаки +, —, стрелки, указывающие направление тока, катоды и электронные потоки выпрями-

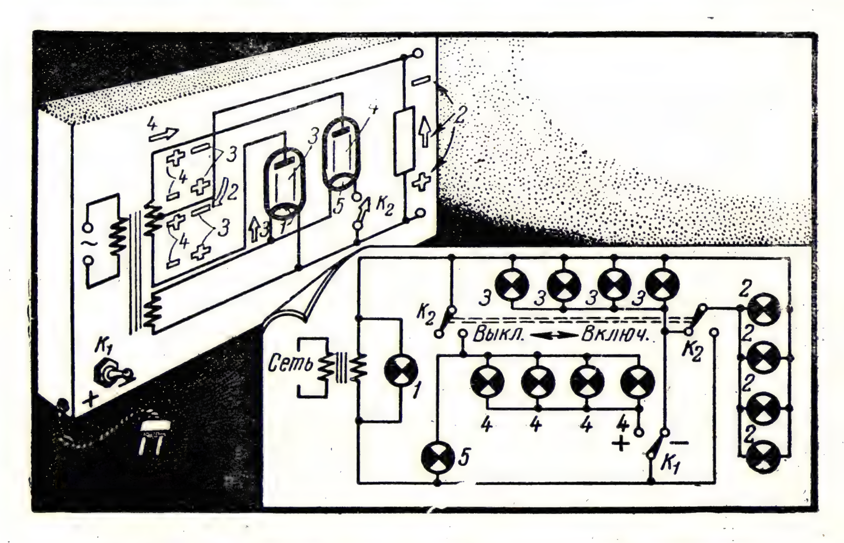


Рис. 135. Иллюминированная схема «Кенотронный выпрямитель»

тельных ламп. Переключатель K_1 осуществляет коммутацию, соответствующую различным полупериодам переменного напряжения, а сдвоенный переключатель K_2 — перевод работы схемы из однополупериодного выпрямления в двухполупериодное и обратно.

Как видно, даже такая относительно простая иллюминация потребовала 14 лампочек. Несмотря на то, что устанавливаются маломощные лампочки для карманного фонаря, применение такого большого количества их неудобно. Пособие в общей сложности работает немного времени, поэтому выход из строя лампочек и необходимость их замены мало вероятны. Для удешевления пособия лампочки укрепляют под щитом без патронов, припаивая соединительные проводники непосредственно к цоколям.

Более простой метод иллюминации состоит в применении шторных систем, принцип которых заключается в том, что за доской с прорезями установлена непрозрачная штора и в ней проделаны прорези. Штора может передвигаться или поворачиваться. В одном её положении прорези в шторе совпадают с прорезями в доске, а в другом — нет. Освещение действующей схемы при такой системе осуществляется одной или несколькими большими лампами, которые остаются включёнными во время демонстрации.

На рис. 136 показаны различные способы использования шторных систем. Если иллюминированию подлежит изображение с малой поверхностью, то отверстия прорезают в доске и шторе полностью (рис. 136*а*). Но это неудобно, если приходится освещать большую площадь, так как при этом потребуется значительное перемещение шторы. Во избежание этого прорези устраивают в форме жалюзи, т. е. длинных щелей, расположенных перпендикулярно направлению перемещения шторы (рис. 136*б*). Когда щели совмещены, иллюминируемая поверхность освещена, хотя и не так интенсивно, как при полностью прорезанном окне. Вместо жалюзи можно применить линейный растр, т. е. довольно густую сетку линий. Если штора перемещается поступательно, то эти линии должны быть взаимно-параллельны, а при вращении шторы — исходить из центра вращения.

Обычно растр изготовляют фотографическим путём. С этой целью на бумаге в крупном масштабе вычерчивают нужную систему полос и фотографируют её на плёнку. Позитив печатается на плёнке контактным способом. Одну из плёнок укрепляют на доске над прорезью, а вторую — на шторе. Достаточно небольшого перемещения шторы, чтобы поверхность оказалась освещённой или затемнённой.

Растровая техника открывает богатые возможности. Например, применяя растры сложных рисунков, можно получить освещение нескольких изображений, сменяющихся последовательно при незначительном смещении шторы. С этой целью тёмные полосы растра необходимо сделать в несколько раз шире интервалов меж-

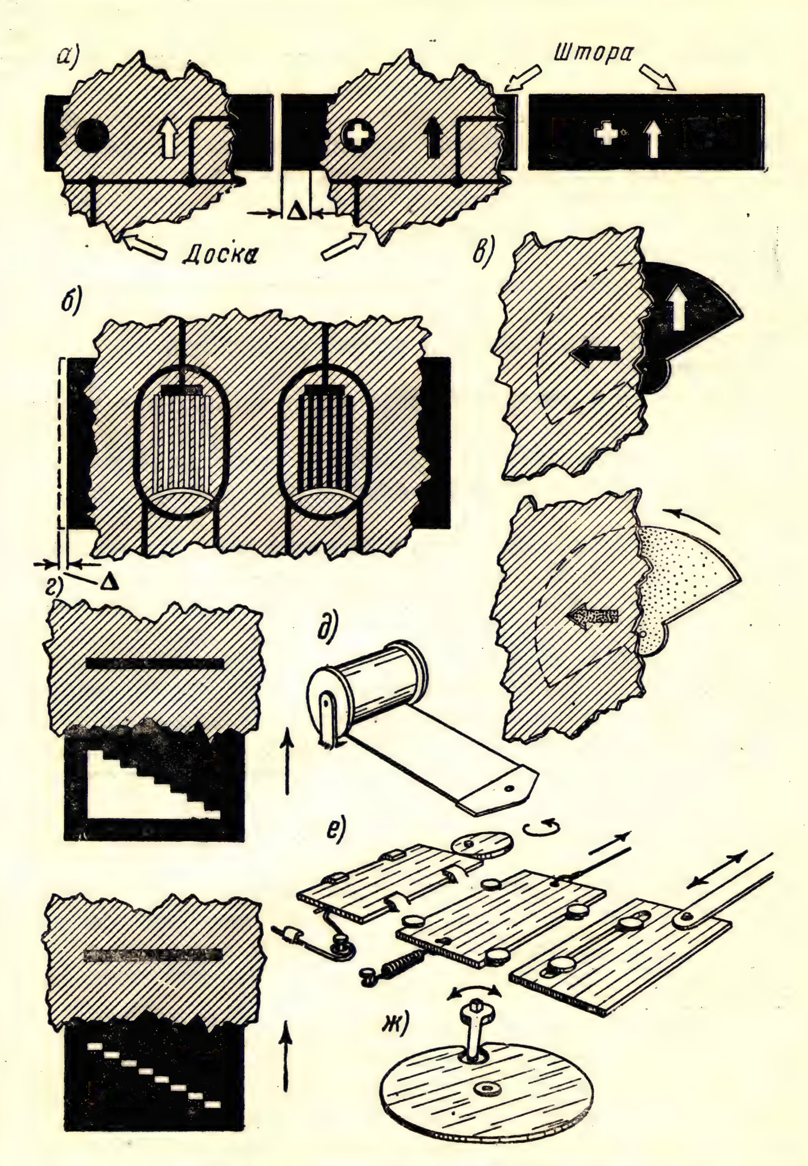


Рис. 136. Принцип иллюминирования посредством шторных систем: *а*) открывание отверстия поступательным движением шторы, *б*) освещение посредством жалюзи, *в*) открывание отверстия поворотом шторы, *г*) постепенное освещение линии и перемещение светового пятна при поступательном движении шторы, *д*) ленточная штора, наматываемая на барабан с пружиной, *е*) конструкция направляющих и приводов штор, *ж*) привод поворотной шторы.

ду ними. На рис. 137*а* это отношение взято равным 3:1. Благодаря этому на растре шторы можно разместить четыре независимых изображения (рис. 137*б*). Четыре кривые последовательно просматриваются при плавном смещении шторы (рис. 137*в*). Отдельные изображения вычерчивают или фотографируют. В последнем случае сначала изготовляют на плёнке линейный растр с нужным соотношением ширины полос и интервалов, а затем на один позитив, прикрытый приготовленным растром, печатают соответствующее число изображений. После каждого снимка растр передвигают.

Если растр состоит из тонких линий, то смещение нужно производить очень точно и аккуратно, для чего растр укрепляется на специальной металлической рамке, смещаемой микрометрическим винтом.

Пользуясь этой методикой, можно получать удивительные эффекты, например, показывать изменение ландшафта в разные сезоны года, ход обледенения проводов в гололёдном районе или изменения внешнего вида каких-либо устройств в процессе их модернизации.

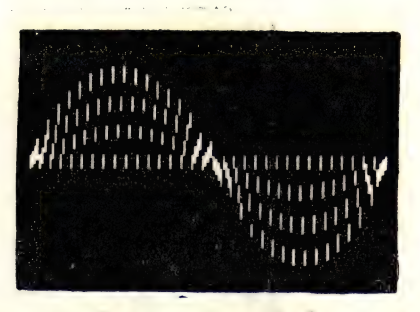
Если применить не линейный, а сетчатый растр и смещать штору не по одному, а по двум направлениям, то удаётся показать ещё больше изображений. Если линейчатый растр с отношением ширины промежутка к ширине интервала, равным $n:1$, даёт возможность показать $n+1$ различных изображений, то сетчатый растр, полученный путём сложения двух взаимно-перпендикулярных линейчатых растров с таким же соотношением ширины позволяет получить уже $(n+1)^2$ комбинаций. Даже самый простой сетчатый растр, составленный из линий толщиной в интервал между ними, т. е. с $n=1$, даёт $(1+1)^2=4$ изображения. Принцип построения такого растра и его изображения понятен из рис. 137*г*

Если оказывается более удобным поворачивать штору, то применяют радиальные растры. Поворотные шторы применяют в случае иллюминирования коротких стрелочек, знаков полярности и других изображений с малой поверхностью (рис. 136*в, ж*).

В иллюминированных схемах иногда встречается необходимость показать «рост» некоторой кривой, идущий в соответствии с развитием демонстрируемого процесса. Если для освещения используют миниатюрные лампочки, то их помещают в жёлоб, разгороженный на отдельные светоизолированные участки и «наращивание» кривой осуществляют последовательным включением лампочек. В тех же случаях, когда применяется шторная система, прорезь в шторе делается более сложной формы, а сама штора передвигается на значительное расстояние, как показано на рис. 136*г*.

Рис. 136*д, е, ж* показывают различные приёмы крепления и смещения штор.

б)



Для получения иллюзии движения нужно перемещать транспарант с растром по направлению стрелки

←→

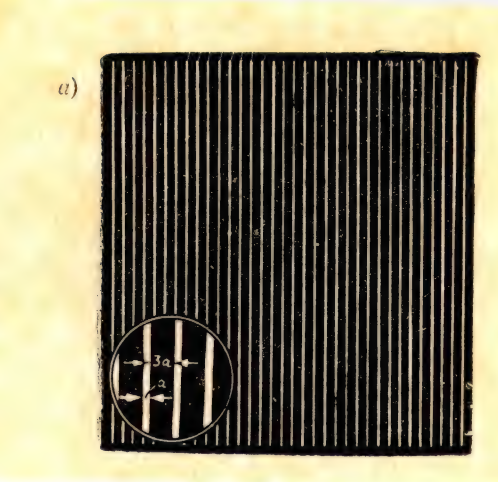
г)

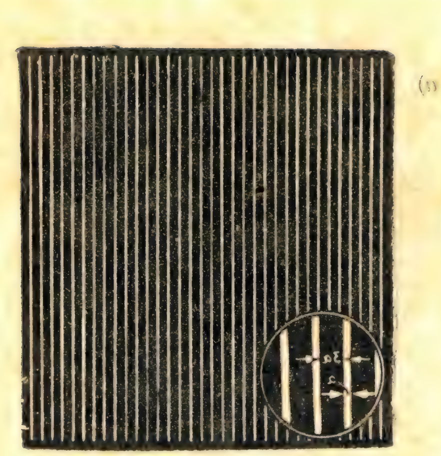
1	2	1	2	1	2	1	2
4	3	4	3	4	3	4	3
1	2						
4	3		3		3		3
1	2						
4	3		3		3		3
1	2						
	3		3		3		3

в)

3a a 3a a 3a a 3a a

Рис. 137. **Использование растрово-шторной системы**


a)
3a
a



В конструкции рис. 136*д* штора из прорезиненной ткани или плотного шёлка намотана на барабан, снабжённый внутри возвратной пружинкой. При освобождении тросика, которым тянется штора, она наматывается на барабан. На рис. 136*е* первая штора перемещается между лапок от кулачка или возвратной пружинки. Вторая штора перемещается тросиком. Возврат её в исходное положение производится тоже пружинкой. Третья штора приводится в движение тягой. Вторая и третья шторы ходят между заклёпками с широкой головкой.

Изготовляя шторы нужно заботиться об их долговечности. Так, если их делают из непрозрачного, но непрочного материала, например, из зачернённой бумаги, а прорези имеют сложную форму или большие размеры, то во избежание разрывов шторы все прорези должны быть заклеены прозрачным целлулоидом или целлофаном. Однако лучше делать шторы из целлулоида или органического стекла, покрытых для непрозрачности нитрокраской тёмного цвета. Участки, не закрашенные краской, действуют наподобие прорезей.

Примером использования шторных систем может служить конструкция пособия, представляющего иллюминацию схемы, изображённой на рис. 135. Рис. 138 даёт ясное представление о форме шторы и о системе её перемещения.

Другим примером иллюминированных схем, построенных по методу огня постоянной яркости, может служить установка для пояснения работы генератора переменного тока. На рис. 139 приве-

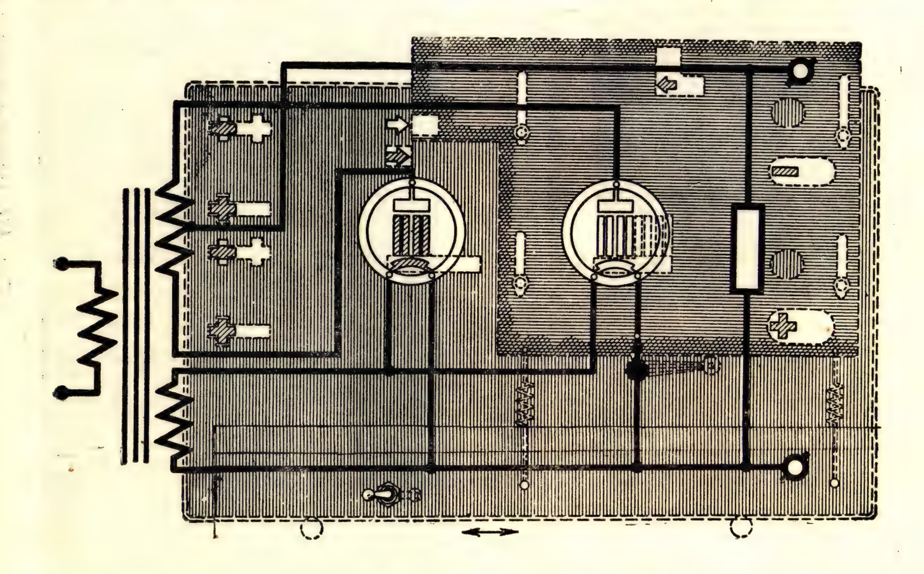


Рис. 138. Шторный вариант иллюминирования схемы «Кенотронный выпрямитель»

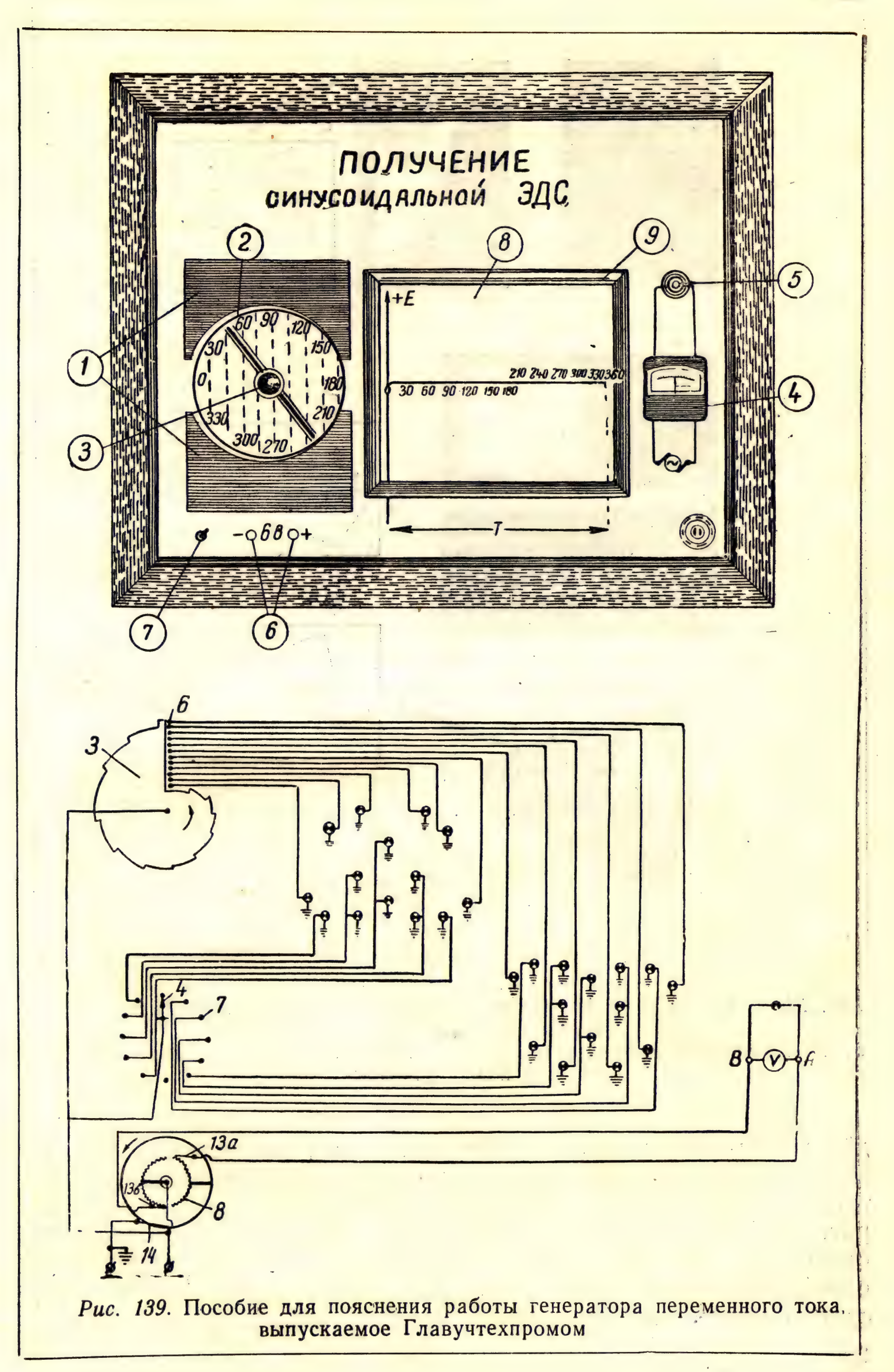


Рис. 139. Пособие для пояснения работы генератора переменного тока, выпускаемое Главучтехпромом

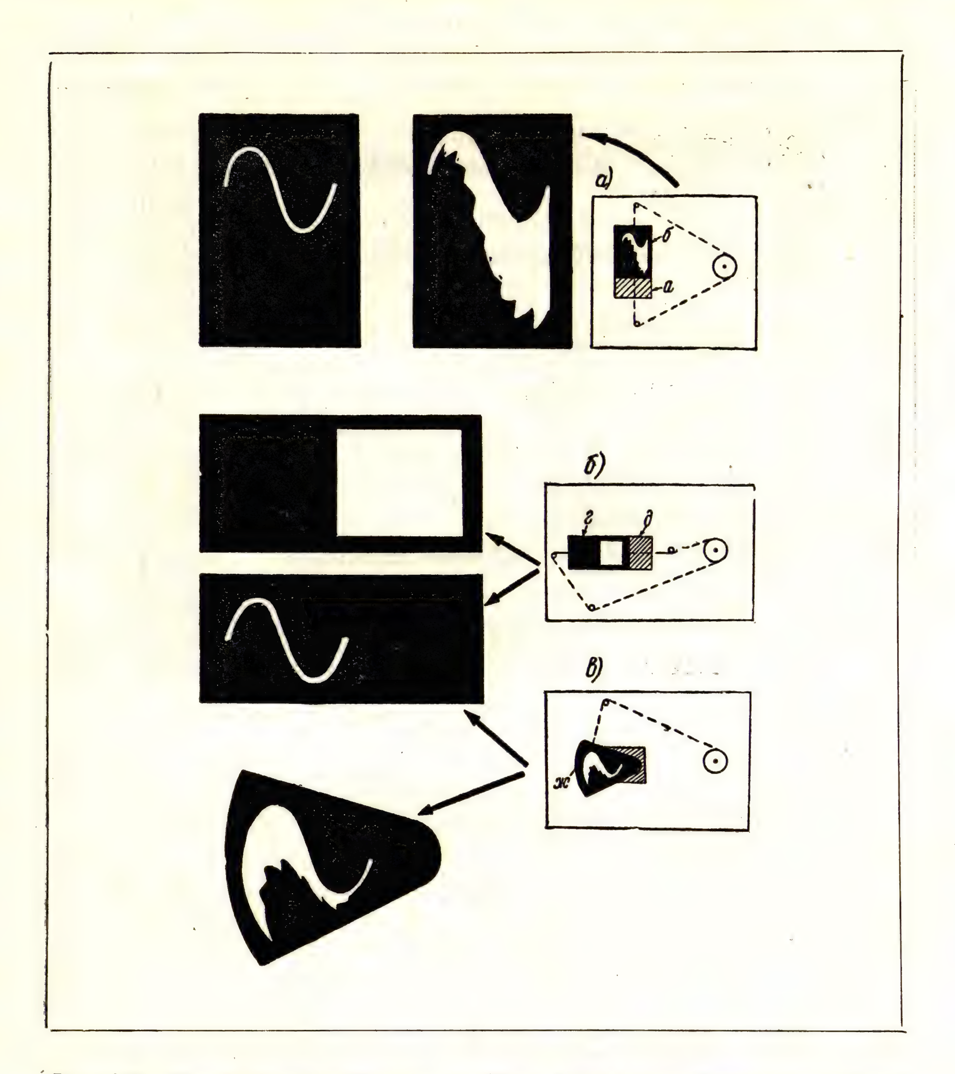


Рис. 140. Пособие для пояснения работы генератора переменного тока, построенное по шторной системе:
а) вертикальное смещение шторы, *б*) горизонтальное смещение шторы, *в*) поворот шторы

дён макет, выпускаемый Главучтехпромом, построенный на использовании миниатюрных лампочек и соответствующей коммутации, и его электрическая схема; другой макет, изображённый на рис. 140, решает ту же задачу, но уже посредством шторной системы. На этом рисунке показано три шторных варианта решения одной и той же задачи: постепенного «вырастания» синусоиды в соответствии с поворотом витка, изображающего ротор. В пер-

вом варианте (рис. 140*а*) доска имеет прорезь в форме синусоиды, а штора, приводимая в действие от витка тросовой передачей снизу вверх, имеет отверстие сложной формы. По мере смещения шторы свет от лампочки, расположенной сзади пособия (от нас) попадает всё в бо́льшую часть синусоиды. Во втором варианте (рис. 140*б*) прорезь в доске попрежнему имеет форму синусоиды, а штора, смещаемая уже горизонтально, — прямоугольное отверстие. В третьем варианте (рис. 140*в*) штора сделана поворотной, и отверстие в ней соответственно изменено. Эти примеры дают основание сделать вывод, что шторные системы оказываются более рациональными, чем системы с коммутируемыми лампочками.

В схемах, иллюминированных по методу огня пропорциональной яркости, можно использовать миниатюрные лампочки, накал нитей которых регулируется реостатами, а также шторные системы, в которых штора построена по принципу оптического клина, т. е. имеет прозрачность, постепенно уменьшающуюся по направлению смещения. Такой клин можно получить не только путём фотографирования соответствующим образом раскрашенной поверхности, но и при фотографической печати, затемняя постепенно отпечаток во время экспозиции.

На рис. 141*а, б* приведены соответственно внешний вид и электрическая схема установки для пояснения процесса свободных колебаний в контуре, выпускаемой Главучтехпромом. Маятник представляет собой механическую аналогию контура. Элементы контура расположены на транспаранте, прорези которого образуют линии электрического и магнитного полей. Эти прорези могут быть освещены сзади лампочками, накал которых регулируется комбинированным реостатом R_1, R_2, R_3. Ползунки реостата связаны с маятником. Начинают демонстрацию с того, что переключатель *П* переводят в левое положение, т. е. ставят ёмкость на «заряд» от батареи питания, подключённой к зажимам. Если теперь перевести маятник вправо, лампочки $Л_э$, $Л_{з1}$ и $Л_{з2}$ будут светиться ярко и первые осветят «электрическое поле» между обкладками, а вторые — знаки полярности у обкладок конденсатора. Далее переводят переключатель *П* вправо «на разряд» и отпускают маятник. Последний, раскачиваясь, вводит и выводит реостаты, с которыми он связан. Как видно из рисунка, это вызовет поочерёдное освещение прорезей, изображающих электрическое и магнитное поля, а также знаков полярности заряда.

Лампочки разгорожены так, что каждая из них освещает только определённые вырезы транспаранта[1]).

---

[1]) Более сложная конструкция такой же иллюминированной схемы, изготовленная коллективом радиолюбителей-конструкторов под руководством М. И. Савельева, описана в брошюре В. К. Лабутина «Наглядные пособия по радиотехнике». Госэнергоиздат, 1949.

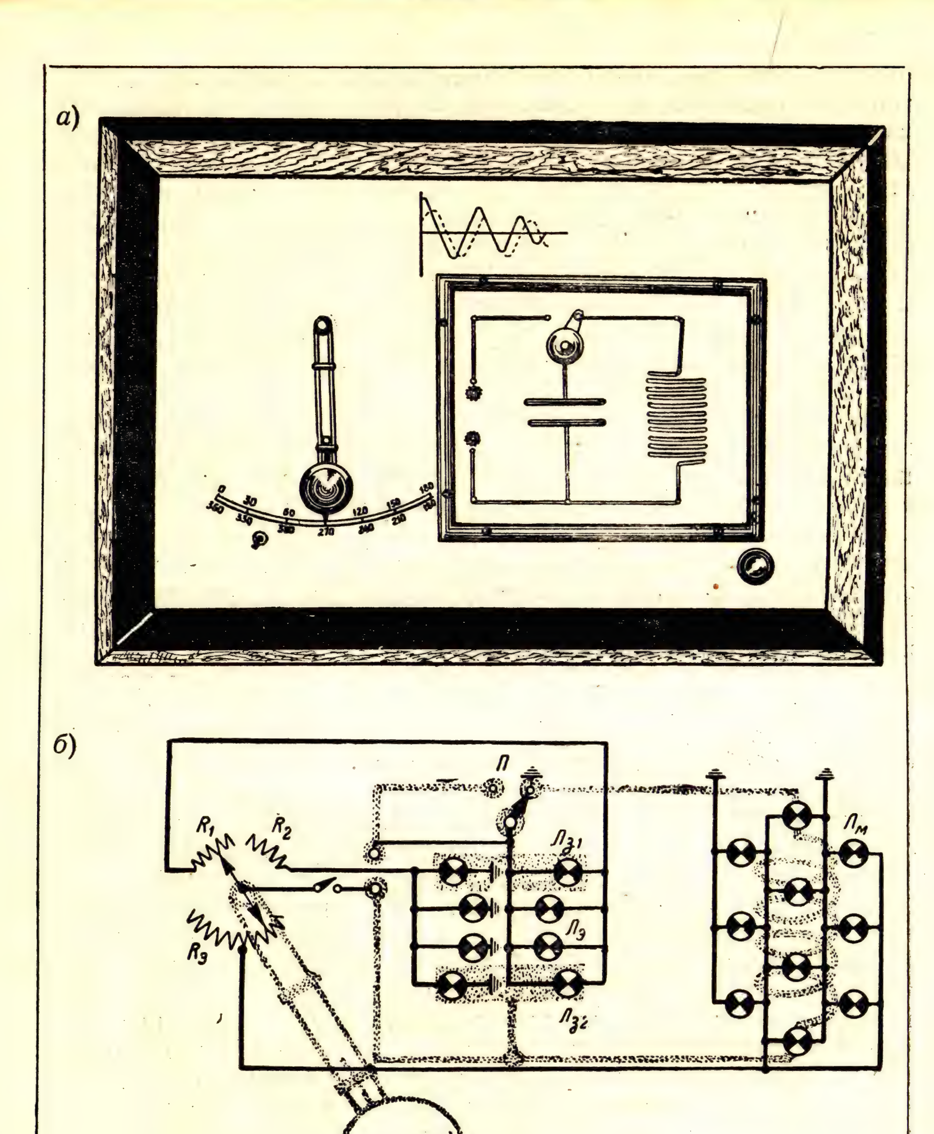


Рис. 141. Установка для пояснения процесса свободных колебаний в контуре: *а)* внешний вид, *б)* электрическая система

Рисунок 142 представляет конструкцию иллюминированной схемы такого же содержания, в которой вместо коммутируемых лампочек использованы шторы. В данном случае конструкция получается более простой.

Иллюминирование можно использовать для увеличения наглядности других типов пособий — развёрнутых схем. Известный интерес в этом отношении представляет наглядное пособие *Триод*, выпускаемое Главучтехпромом. Устройство этого пособия представлено на рис. 143 *а, б*. Как видно из принципиальной схемы (рис. 143*б*), триода в пособии нет, а эффект, который он должен дать, имитируется с помощью реостатов R_4 и R_5, а также переключателя $П_2$, скрытых под панелью. Сопротивление R_4 позволяет имитировать влияние на I_a и I_e изменения напряжения на «сетке», а R_5 — изменения накала. Кроме того, во всей схеме использованы простейшие вольтметры электромагнитной системы, хотя шкалы двух из них имеют ложную градуировку в миллиамперах. Показания вольтметров «анодного» и «сеточного» напряжений имитируют обычные напряжения триода.

Переключатель $П_2$ изменяет схему при смене полярности потенциала «на сетке», а переключатель $П_1$ позволяет имитировать отсутствие сеточного и анодного токов при выключенном накале.

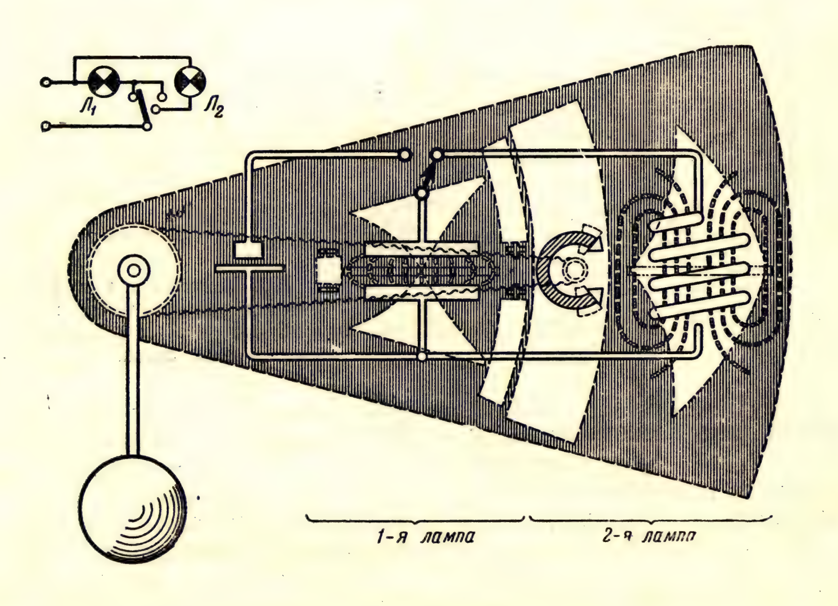
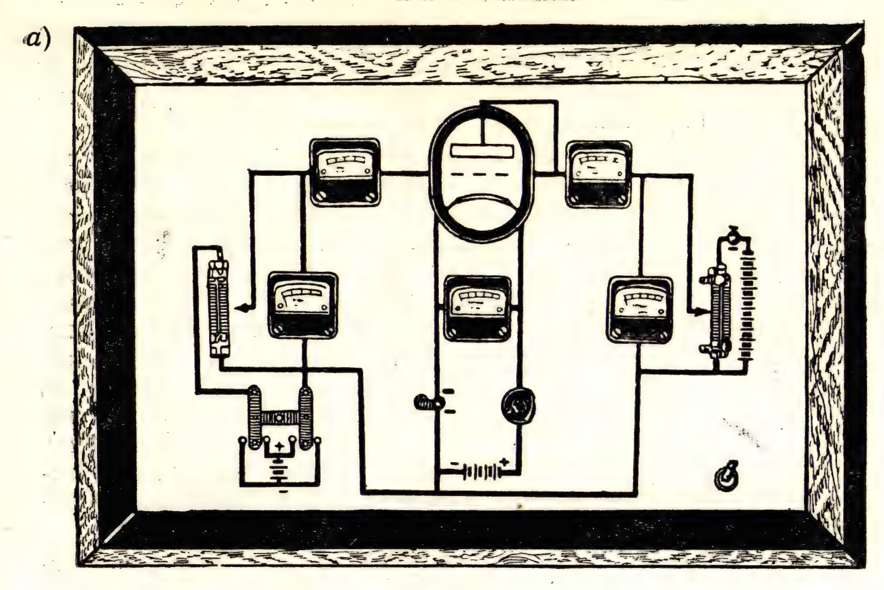


Рис. 142. **Установка для пояснения процесса свободных колебаний в контуре в шторном варианте**

а)



б)

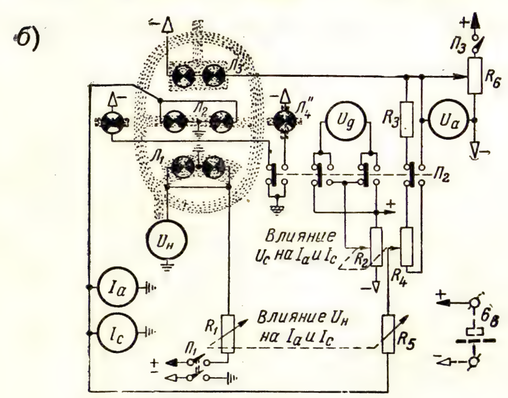


Рис. 143. **Установка для пояснения работы триода:** *а*) общий вид, *б*) принципиальная схема

Вся схема питается от 6-вольтовой батареи. Лампочки $Л_1$ освещают нить в соответствии с током накала, $Л_2$ — пространство анод — катод пропорционально анодному току, $Л_3$ — анод соответственно анодному напряжению и, наконец, $Л'_4$ и $Л''_4$ — знаки полярности потенциала на сетке. К сожалению, такая конструкция не позволяет продемонстрировать насыщение и динатронный эффект.

Наша промышленность выпускает также иллюминированную схему *Исследование лампы диод,* построенную на аналогичных принципах.

Последний метод иллюминирования — метод бегущего огня — очень часто применяют в различных наглядных пособиях, предназначенных для популярных лекций и выставок. Он находит также широкое применение в различных рекламных установках [Л27] (динамическая реклама), благодаря исключительно эффектным результатам.

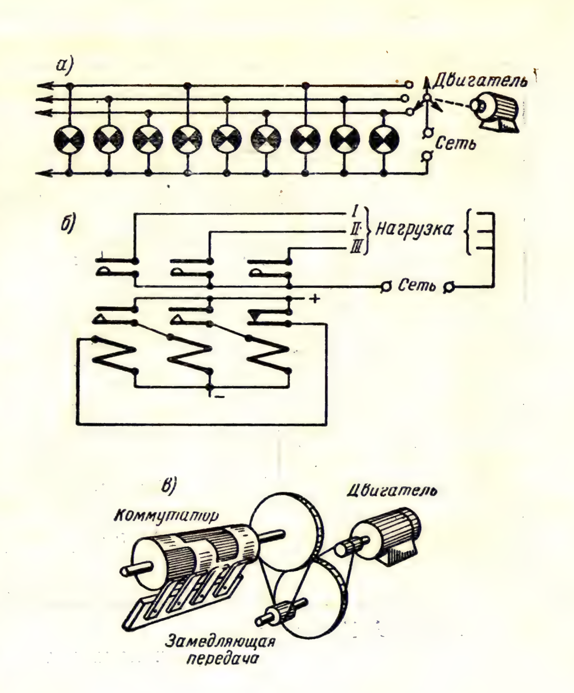


Рис. 144. Схемы и технические средства для получения иллюзии «бегущего» огня: *а*) с коммутатором, приводимым в действие двигателем, *б)* релейный коммутатор, *в)* конструкция коммутатора с двигателем

Впечатление «бегущего» огня получается вследствие того, что набор лампочек, расположенных в одну линию, разбит по питанию минимум на три группы, включаемых и выключаемых поочерёдно (рис. 144*а*). Создаётся впечатление, что тёмные или светлые пятна бегут по линии расположения лампочек.

Подача питания на лампочки производится через коммутатор, который должен обеспечивать не менее 3 ÷ 5 переключений в секунду. На рис. 144*б* показана релейная автоматическая схема коммутации лампочек, а на рис. 144*в* — конструкция переключателя, приводимого в действие электродвигателем при условии, что имеется всего три группы. Если групп больше, то число реле или контактных щёток необходимо соответственно увеличить. При конструировании коммутатора нужно правильно рассчитать разрываемую мощность, чтобы при длительной эксплуатации контакты не обгорали.

В релейной схеме при больших разрываемых мощностях иногда приходится ставить вторичные реле с более мощными контактами, а в переключателе — массивные многопластинчатые или угольные щётки.

В качестве примера использования метода бегущего огня может служить макет для пояснения принципов радиолокации, премированный на одной из заочных радиовыставок. Схема

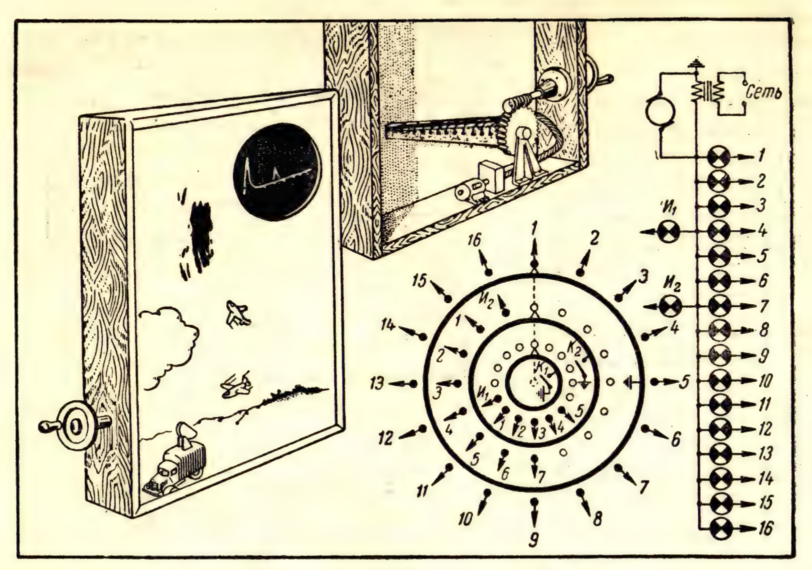


Рис. 145. Конструкция и схема макета для пояснения работы радиолокатора

и внешний вид этого пособия изображены на рис. 145. На транспаранте, изображающем пейзаж местности с расположенным на фоне пейзажа радиолокатором, движется световое пятно, изображающее радиолокационный сигнал. С внутренней стороны транспаранта на червячной шестерне закреплена рейка, вдоль которой установлен ряд лампочек. Коммутация лампочек осуществляется небольшим двигателем, который перемещает щётку по контактному полю. При этом одновременно светятся только две лампочки, контакты которых в данный момент перекрываются щёткой. Так как щётка движется, световое пятно бежит по направлению рейки.

Посредством червячной передачи можно поворачивать рейку. Одновременно с этим будет поворачиваться «параболоид антенны радиолокатора», укреплённый на червячной шестерне. Если в процессе вращения «радиолокационного луча» в вертикальной плоскости на пути его окажется один из двух самолётов, нарисованных на транспаранте, то размыкаются контакты K_1 или K_2, и система коммутации изменяется так, что световое пятно «поискового» импульса, после «отражения от самолёта», изменяет направление движения на обратное и возвращается к радиолокационной установке. При этом в кольце, имитирующем экран индикатора, освещается соответствующий «отражённый импульс». Прочие детали конструкции ясны из чертежа.

Необходимо остановиться на особенностях изготовления коммутатора, обеспечивающего безотказную работу при непрерывном

и быстром вращении щётки. Поверхность контактов должна быть хорошо отшлифована и лежать в одной плоскости с плоскостью вращения щётки. Поэтому после закрепления контактов на панели, их шлифуют сначала на грубой, а затем тонкой шкурке, укреплённой на ровной доске. Окончательную отделку контактов производят шабровкой на контрольной плите. Нужно иметь возможность регулировать нажим щётки на контакты, чтобы обеспечить хороший контакт с малым переходным сопротивлением и не вызывать излишнего износа коммутатора и перегрузки электродвигателя.

Описание другой иллюминированной схемы, премированной на заочной радиовыставке и использующей принцип бегущего огня и предназначенной для пояснения принципа работы электронной лампы, дано в брошюре [Л64]. С помощью вращающегося коммутатора с четырьмя контактными полями и соответственно четырьмя щётками, производится поочерёдное зажигание лампочек, обеспечивающее иллюзию полёта электронов на анод. Установка имеет сложную электрическую схему и содержит 218 лампочек. Лампочки одной группы изображают катод, сетки и анод, они окрашены и используются по методу пропорциональной яркости, причём последняя отображает силу накала катода или относительную величину потенциала, приложенного к соответствующим электродам. Лампочки другой группы работают по методу бегущего огня, имитируют движение электронов, показывают распределение электрического пространственного заряда, движение вторичных электронов.

Несмотря на сложность этой установки и большое число лампочек, использованных в ней, она не даёт необходимого эффекта — мультипликационного изображения. Для его получения нужно было бы значительно увеличить число лампочек. Вместо сооружения такой установки было бы проще и методически правильнее изготовить несколько мультипликационных фильмов-кольцовок. Съёмка таких фильмов может быть произведена узкоплёночным аппаратом. В процессе съёмки на тёмном фоне раскладывают белые кружочки и через каждые 3 ÷ 10 кадров смещают их в нужном направлении.

§ 34. РАЗВЁРНУТЫЕ (ПЛОСКИЕ) СХЕМЫ

Развёрнутые схемы представляют собой действующие установки, в которых детали смонтированы в одной плоскости, в соответствии с принципиальной схемой.

Установки, работающие на звуковых частотах, выполненные в виде развёрнутых схем, мало склонны к самовозбуждению и работают устойчиво, благодаря тому, что паразитные связи между деталями и проводами получаются незначительными.

Если же в учебном макете протекают токи высоких частот, то даже небольшие ёмкостные и индуктивные связи могут вызвать самовозбуждение, которое очень трудно устранить. Развёрнутый монтаж и отсутствие обычной экранировки может также привести к таким паразитным связям, которые хотя и не вызовут самовозбуждения, но не дадут возможности получить нужные закономерности или замаскируют то явление, которое необходимо выделить.

Для устранения паразитных связей применяется экранирование, которое в развёрнутых схемах отличается от обычного. Экранировать развёрнутую схему можно двумя способами. Первый способ — весь монтаж выполняется под панелью, в виде отдельных экранированных блоков и шлангов. На наружной стороне остаются только отдельные крупные детали, тоже по возможности экранированные. В этом случае принципиальная схема изображается на панели краской.

Второй способ даёт не полную, но достаточно эффективную экранировку. Монтажные провода располагаются очень близко к металлической заземлённой панели. Связь между проводами существенно снижается, так как значительная часть силовых линий электрических полей замыкается на панель (рис. 146*а*), которой провода не должны касаться. Для этого они укрепляются на изоляционных прокладках или специальных изолированных проводах — опорах.

Во избежание короткого замыкания между проводами и металлической панелью на её поверхность укладывают какой-либо, желательно прозрачный, листовой диэлектрик (рис. 146*б*). Провода, проходящие сквозь металлическую панель, изолируют втулочками.

В качестве материала для металлической панели рационально использовать листовой дюраль, который при относительно малом удельном весе имеет достаточно большую жёсткость, особенно, если используется неотожжённым после прокатки.

Развёрнутые схемы следует выполнять так, чтобы их можно было вешать на стену и ставить в вертикальном положении на столе. Горизонтальное и наклонное расположение щитов с развёрнутыми схемами не рекомендуется, так как при этом плохо обеспечивается видимость.

Панель можно делать из фанеры-переклейки толщиной от трёх до десяти миллиметров, гетинакса, текстолита или винилита достаточной для прочности толщины. В случае применения тонкой фанеры для панели больших размеров, её необходимо укрепить на подрамник с одной или двумя поперечинами, как показано на рис. 146*в*. Деревянная панель должна быть хорошо отлакирована. Часто её обводят рамкой или штапиком, в качестве которого можно использовать латунную или дюралевую трубку (рис. 146*г*).

Панели, подлежащие подвешиванию, должны быть снабжены петлями, расставленными одинаково для всех пособий, а в

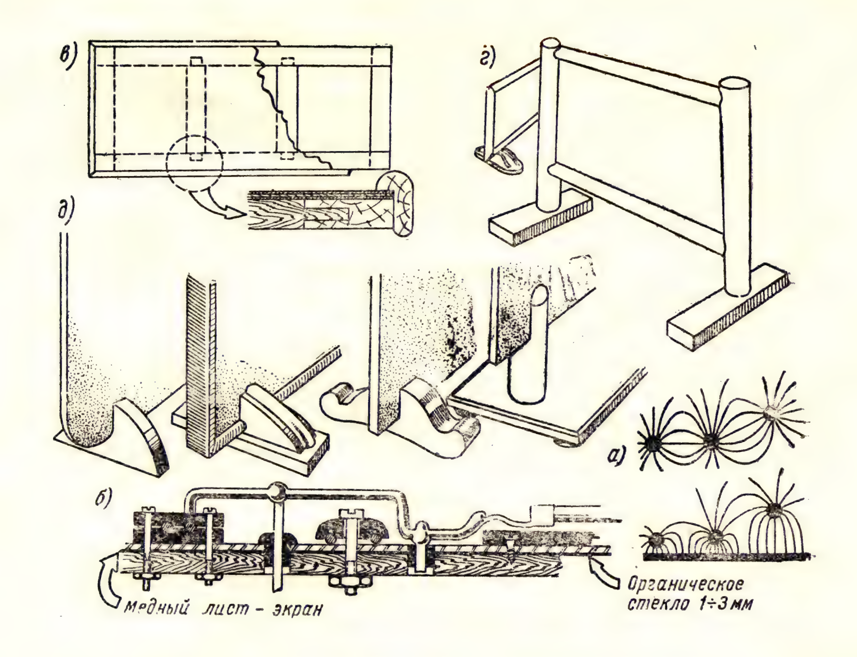


Рис. 146. Детали конструкции развёрнутых схем:

а) принцип частичного экранирования, *б)* закрепление проводов, *в)* основной щит, *г)* использование трубок для окантовки, *д)* ножки для вертикальной установки щита

аудиториях необходимо на досках или стенах укрепить соответственно костыли или шурупы. В этих же местах следует расположить штепсель, щиток или колодку питания. К панелям, предназначенным для установки на столе, приделывают ножки, подставки и т. п., причём желательно, чтобы эти детали были утяжелены чугунными, стальными или свинцовыми подкладками, предотвращающими панель от опрокидывания. Расположение опор нужно выбирать так, чтобы центр тяжести пособия приходился над центром площади опоры (рис. 146*д*).

Большой наглядностью обладают развёрнутые схемы, выполненные на панели из органического стекла толщиной от 4 до 8 *мм*. В этом случае приходится тщательно продумывать и исполнять монтаж не только на лицевой, но и на оборотной стороне панели.

Провода для внешнего монтажа должны быть достаточно жёсткими (например, биметаллический провод). Для хорошей видимости их окрашивают в яркие цвета или, ещё лучше, одевают на них толстую, ярко окрашенную изоляционную трубку.

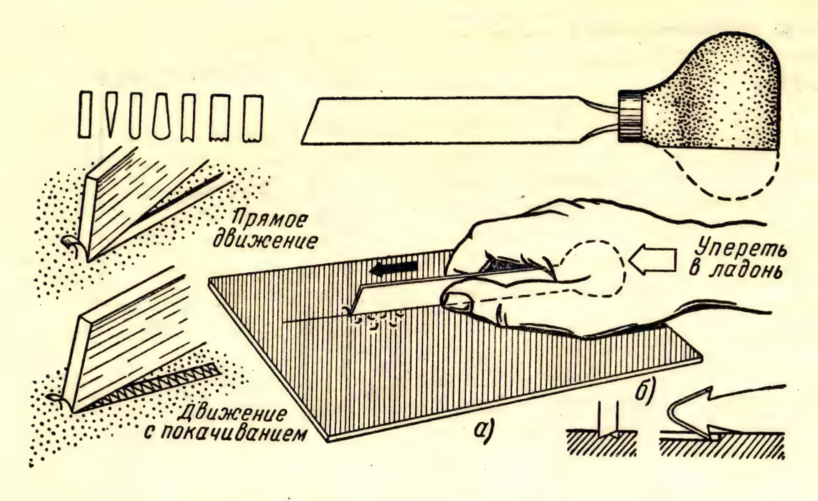


Рис. 147. **Гравировальные работы:**
а) **приёмы гравировки,** *б*) **инструмент для гравирования**

Иногда принципиальную схему наносят краской на панель не только при внутреннем, но и при внешнем монтаже, так как при этом широкие линии способствуют увеличению видимости проводов. Принципиальную схему можно рисовать масляной, эмалевой или нитрокраской непосредственно на панели, особенно если последняя выполнена из какой-либо пластмассы или прессованного материала. Краску жидко разводят на растворителе и наносят с помощью рейсфедера, на предварительно обезжиренную поверхность.

Многие пластмассы и материалы выпускаются в виде листов с глянцевой поверхностью, на которой прочно держится только нитрокраска, а все другие дают непрочную плёнку. Для того чтобы улучшить сцепление краски с панелью, её наносят в гравированные углубления. Гравирование можно производить посредством обычных гравёрных штихелей, хотя в заводских условиях её выполняют на специальных станках — пантографах. Виды заточки штихелей и приёмы работы с ними пояснены на рис. 147*а*. Для гравировки удобно применять специальный резец, изготовленный из листовой стали и изображённый на рис. 147*б*.

В ряде случаев, особенно когда нет возможности красиво отделать поверхность панели, её закрывают чертёжной бумагой, на которой вычерчивают принципиальную схему. Обычно бумагу окрашивают в блёклый цвет. Иногда используют чёрную фотографическую или окрашенную тушью бумагу, а схему наносят на неё белилами.

Для защиты бумаги от загрязнения на её поверхность накладывают тонкий целлулоид, целлофан или органическое стекло.

Защитное покрытие должно быть поджато по всей периферии панели под обрамление, в противном случае его легко можно повредить.

При изготовлении развёрнутой схемы на панели из органического стекла нужно иметь в виду, что при перегреве органическое стекло мутнеет, пузырится. Поэтому пайку деталей на такой панели производить не рекомендуется; её следует выполнять отдельно, монтируя спаянные детали и сплетения проводов посредством маленьких болтиков. Пайку деталей на панелях из других материалов нужно производить с большой осторожностью, подкладывая под место пайки кусочек картона, чтобы не вызвать ожогов на чистой поверхности.

Рассмотрим несколько наглядных пособий, построенных по принципам, изложенным выше.

Развёрнутая схема, представленная на рис. 148, предназначена для демонстрации свободных колебаний в одиночном контуре. Это — классическая схема заряда конденсатора от батареи и разряда его на индуктивность. При удачном подборе деталей можно наблюдать от трёх до пяти периодов свободных, постепенно затухающих колебаний.

Перевод переключателя осуществляется ручкой, выведенной на оборотную сторону панели, так что оператор не заслоняет её во время демонстрации.

Развёрнутая схема *Триод* (рис. 149) позволяет снимать характеристики лампы. Её можно использовать в качестве макета для демонстрационной лабораторной работы. Весь монтаж

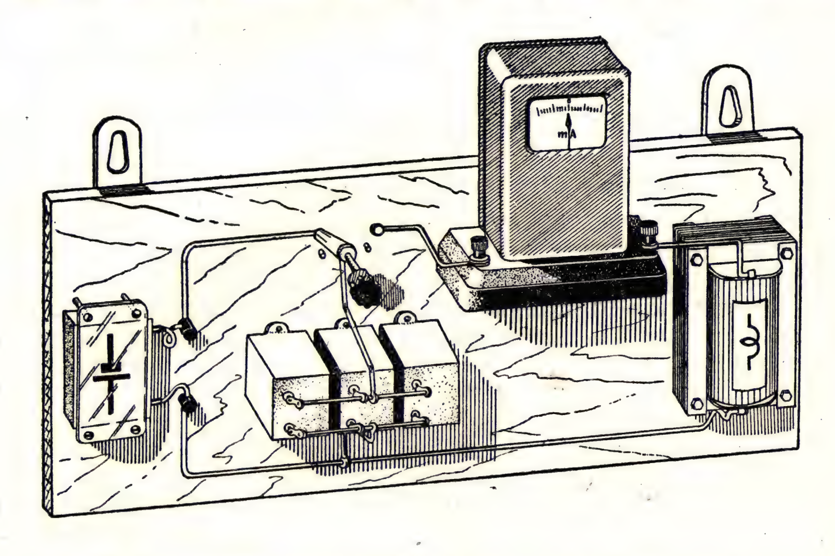


Рис. 148. Развёрнутая схема контура, в котором возбуждаются свободные колебания

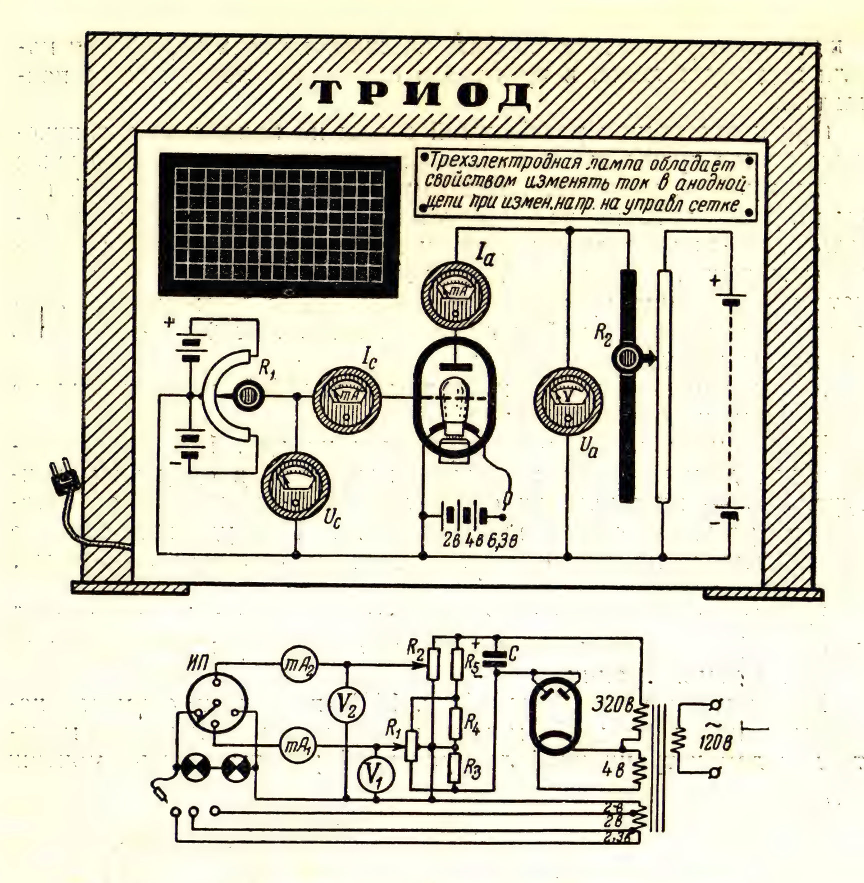


Рис. 149. Установка для снятия характеристик триода

выполнен под панелью [Л31]. Исследуемая лампа устанавливается на панельке, укреплённой перед символическим изображением этой лампы. Анодное напряжение регулируют посредством обычного лабораторного реостата, скрытого под панелью. Все ручки управления для удобства проведения демонстрации выведены на обе стороны макета. Питается установка от сети переменного тока. Пульсации анодного тока несколько искажают показания измерительных приборов, но не нарушают закономерностей, которые необходимо демонстрировать. Координатная сетка, нанесённая на панели, позволяет в процессе демонстрации строить по точкам характеристики лампы. С помощью штепсельного переключателя можно установить напряжение накала, необходимое для данного типа ламп, а применяя переходные колодки — устанавливать лампы с различной цоколёвкой. Недостатком установки следует считать малый размер приборов, затрудняющий отсчёт по шкалам.

Особо следует остановиться на способе изготовления координатной сетки, применённой в данном макете. На этой своеобразной небольшой классной доске желательно чертить мелом, который обладает абразивными свойствами. Поэтому если окрасить чёрный фон этой сетки масляной краской, то на нём появляются белые несмываемые линии, а через некоторое время вся краска стирается. Поэтому лучше применить линолеум, на котором гравируется сетка и в углубления гравировки наносится любая белая прочная краска. Более сложным является применение специальной чёрной краски, которой обычно окрашивают классные доски (см., например, [Л14], том III, стр. 173).

Примером развёрнутых схем, выполненных на органическом стекле, может служить комплект, изображённый на рис. 150 и предназначенный для демонстрации работы тракта радиопередачи. В комплект входит высокочастотный генератор с модулятором и детекторный приёмник с усилителем низкой частоты. Кроме того, имеется два блока питания передающей и приёмной станции. Принципиальная схема и данные деталей приведены на рисунке. Полезно отметить следующие конструктивные особенности

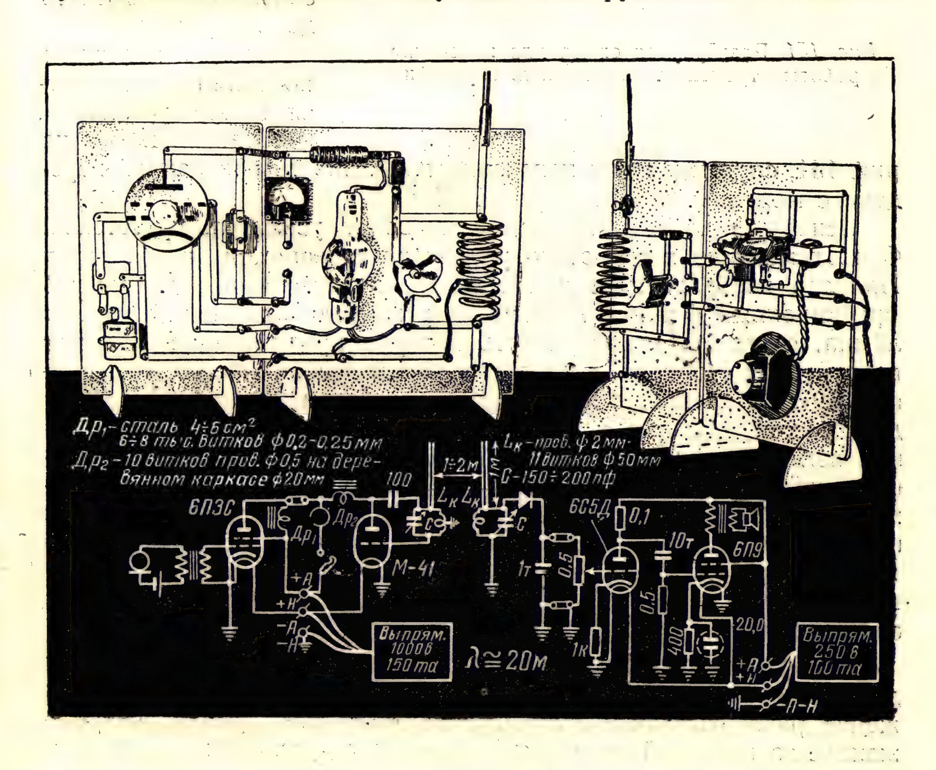


Рис. 150. **Развёрнутая схема блоков тракта радиопередачи**

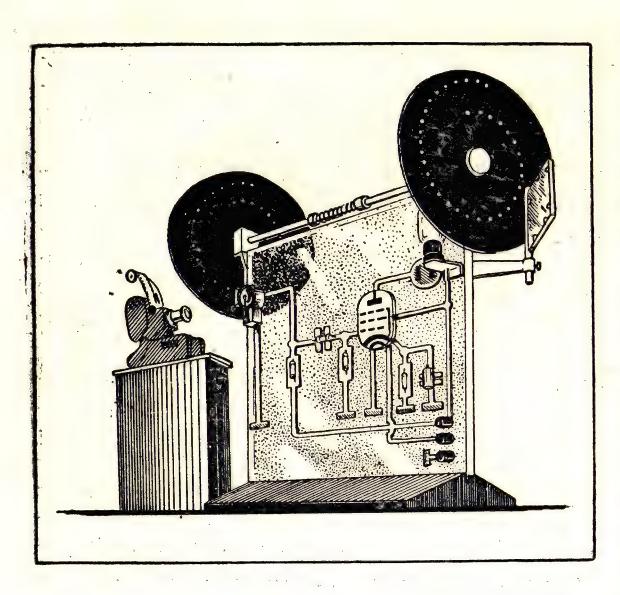


Рис. 151. **Развёрнутая схема для пояснения работы тракта телевизионной передачи**

блоков, входящих в комплект. Во-первых, монтаж выполнен не проводами, а металлическими шинками, окрашенными в яркие цвета. Это обеспечивает хорошую видимость. Во-вторых, символы ламп выполнены из молочно-белого органического стекла и хорошо выделяются на фоне панели. В-третьих, блоки питания скрыты от учащихся и не отвлекают внимания их от основных объектов демонстрации.

Весьма полезным пособием является также установка, изображённая на рис. 151, служащая для пояснения принципа телевизионной передачи с механической развёрткой [Л66].

Основную часть установки составляет усилитель фототоков. Фотоэлемент на входе этого усилителя освещается через диск Нипкова изображением диапозитива, вставленного в небольшой проекционный фонарь. На выходе усилителя включена неоновая лампа, светящаяся поверхность которой просматривается через второй диск Нипкова. Оба диска насажены на общую ось, приводимую во вращение небольшим двигателем. Ось выполнена из двух частей, связанных между собой жёсткой пружиной. При резких изменениях числа оборотов одна часть оси начинает совершать крутильные колебания относительно другой. Между положениями дисков появляется сдвиг по фазе, который периодически изменяется. Поскольку диски обладают значительной массой, то период колебаний получается порядка нескольких секунд. За счёт этого удаётся показать искажения, возникающие при нарушениях синхронизации.

Поворотное зеркальце, установленное перед фотоэлементом, даёт возможность продемонстрировать на экране особенности движения развёртывающего луча, а неподвижное зеркало, расположенное за неоновой лампочкой, позволяет рассматривать изображение наблюдателю, стоящему перед панелью.

Схема, представленная на рис. 152, является примером установки, полностью экранированной по высокой частоте. Она предназначена для градуировки ёмкости методом замещения и определения затухания контура методом вариации сопротивления, может быть использована также в качестве демонстрационной лабораторной работы.

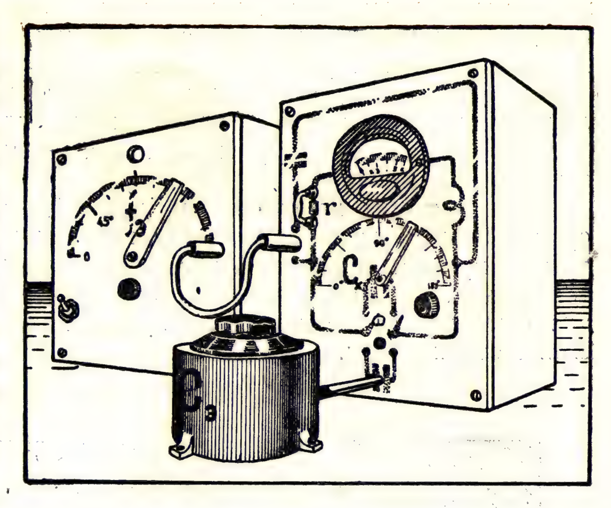


Рис. 152. Полностью экранированная демонстрационная установка

Установка, состоит из трёх полностью экранированных блоков, на лицевых поверхностях которых изображены соответствующие принципиальные схемы (чёрным цветом) и шкалы (красным цветом). Схемы и шкалы начерчены на бумаге, которая защищена от загрязнения двухмиллиметровым органическим стеклом. Коммутация конденсаторов $C_э$ и C_x осуществляется переключателем, расположенным внутри экрана второго блока, а наружный коммутатор является бутафорным, служит для большей наглядности и механически связан с внутренним. Соединение блоков осуществляется посредством отрезков обычного телевизионного коаксиального кабеля.

Существуют макеты, в которых используется принцип имитации. Выше уже встречался макет такого типа: иллюминированная схема для пояснения работы триода, в которой отсутствовал сам триод.

На рис. 153 и 154 представлены две развёрнутые схемы, в которых путём имитации удаётся существенно упростить конструкцию пособия. Первая схема служит для демонстрации анодной модуляции, а вторая — для пояснения процесса удвоения частоты. Нумерация деталей пособий сохранена и на принципиальных схемах, так что конструкция их не требует особых пояснений.

Правильные количественные соотношения в установках с имитацией процессов получить обычно трудно и их используют только для качественного пояснения.

В практике обучения, особенно на низших его ступенях, иногда бывает методически более целесообразно производить сбор-

ку схемы во время самой демонстрации. Это способствует развитию у учащихся навыков по сборке схем, координации между принципиальной и реальной схемами. Наиболее простые схемы можно собирать из отдельных деталей на вертикальных консолях, раскрашенных для увеличения видимости. Более сложные схемы рационально собирать на щите, описание которого приведено ниже.

Сборка схемы из отдельных деталей должна производиться сравнительно быстро. В противном случае учащиеся устают следить за процессом сборки и последняя теряет смысл. Поэтому необходимо заранее подготовить соединительные проводники, а для быстрого подключения их нужно предусмотреть легкоразъёмные соединители.

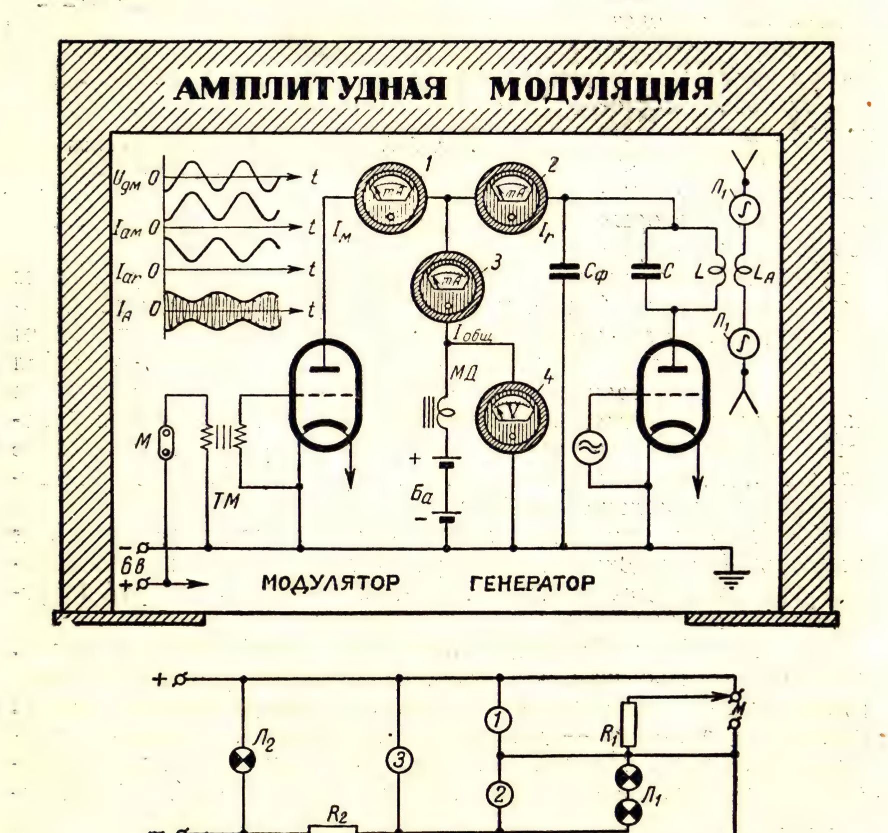


Рис. 153. Установка для пояснения принципа амплитудной анодной модуляции

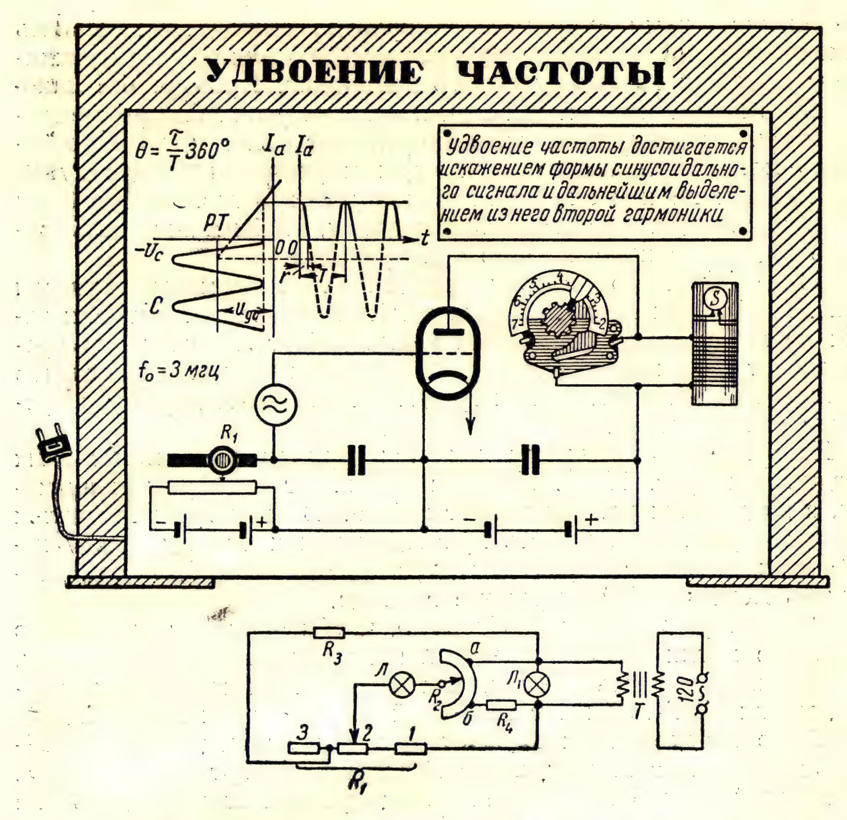


Рис. 154. **Установка для пояснения принципа удвоения частоты**

В качестве монтажного провода удобнее всего применять провод марки ПРГ, сечением $1 \div 3$ *мм*²; оплётку его следует окрасить нитрокраской в яркий цвет, на концы наложить манжеты из ниток, чтобы оплётка на растрёпывалась. Отдельные монтажные проводники должны быть заранее изогнуты под прямыми углами с таким расчётом, чтобы собранный монтаж располагался по возможности в одной плоскости и соответствовал принципиальной схеме. Каждый проводник предназначается на вполне определённое место. Чтобы не происходило путаницы во время сборки схемы, провода должны быть разложены до демонстрации в соответствующем порядке.

На рис. 155 показаны наиболее распространённые конструкции легкоразъёмных соединительных устройств, обеспечивающих быструю сборку схемы. Винтовые зажимы (рис. 155 *а*) пригодны менее всего, так как требуют относительно много времени на завинчивание, однако, они широко распространены. Для

соединения с ними на монтажные провода приходится напаивать наконечники, на основание которых на клею или битуме насаживают втулочки из изоляционного материала. Провода без наконечников имеют неопрятный вид, и оплётка у них быстро растрёпывается. Втулочки не только закрепляют оплётку, но одновременно могут быть использованы для маркировки концов путём простановки на них знаков полярности или букв. Нарезанная часть зажима должна иметь такую длину, чтобы можно было зажать несколько наконечников одновременно.

Более быструю сборку допускают нажимные зажимы (рис. 155*б*). Для предохранения оплётки провода от растрёпывания на неё у оголённого конца накладывают манжету или промазывают лаком либо битумом. Недостаток нажимных зажимов заключается в том, что в них трудно зажать более двух-трёх проводов одновременно.

Наиболее рациональным является применение штепсельных соединений (рис. 155*в*). Провода снабжают одинарными вилками, а на деталях устанавливают гнёзда. В конструкции вилок предусмотрена возможность присоединения к одному гнезду нескольких проводов. Применяя двустороннее гнездо, можно соединять между собой отдельные провода.

В некоторых схемах необходимо, чтобы один или несколько проводов могли быть присоединены к различным точкам схемы. Удобно использовать гибкий, так называемый магнетный, провод марки ПВГ-10 либо самолётный провод марки ЛПРГС. Для быстрого переключения такого провода его конец можно снабдить щипковым зажимом, который часто называют «крокодилом». Последний можно напаять на конец провода или насадить на вилку, как показано на рис. 155*г*.

На рис. 156 представлен набор типичных деталей, предназначенных для сборки схемы на столе. Такие мелкие детали, как лампы, переменные конденсаторы и т. п., установлены на консо-

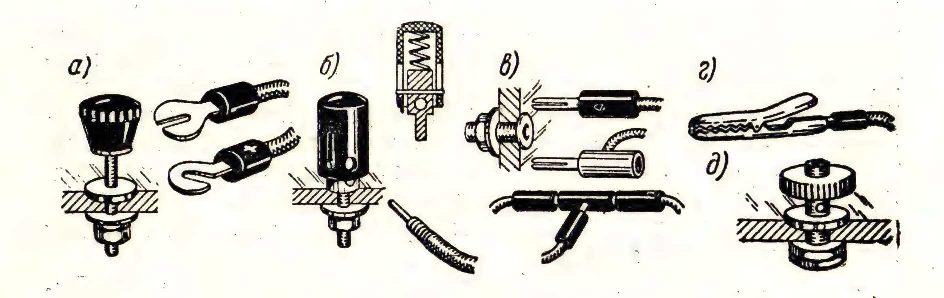


Рис. 155. Легкоразъёмные соединительные устройства, которые удобно использовать для сборки демонстрационных схем:
а) винтовые зажимы, *б*) нажимные зажимы, *в*) штепсельные соединения, *г*) зажим типа «Крокодил», *д*) универсальный зажим

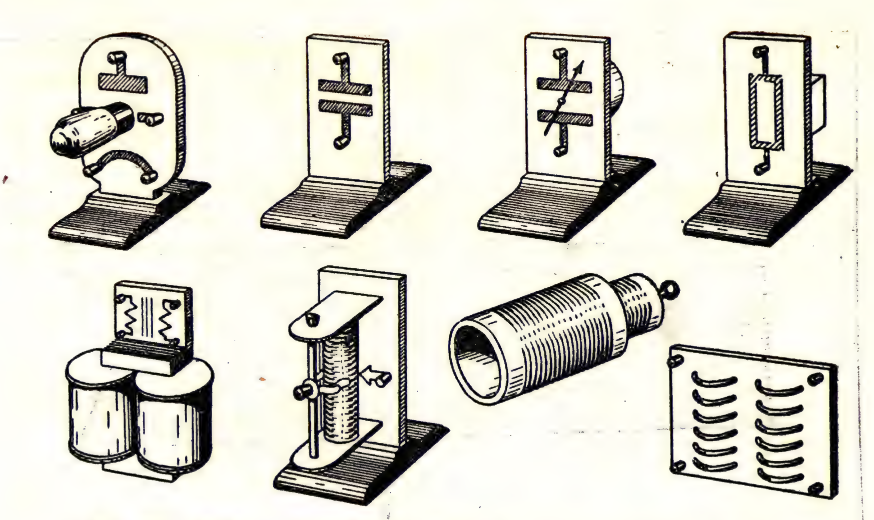


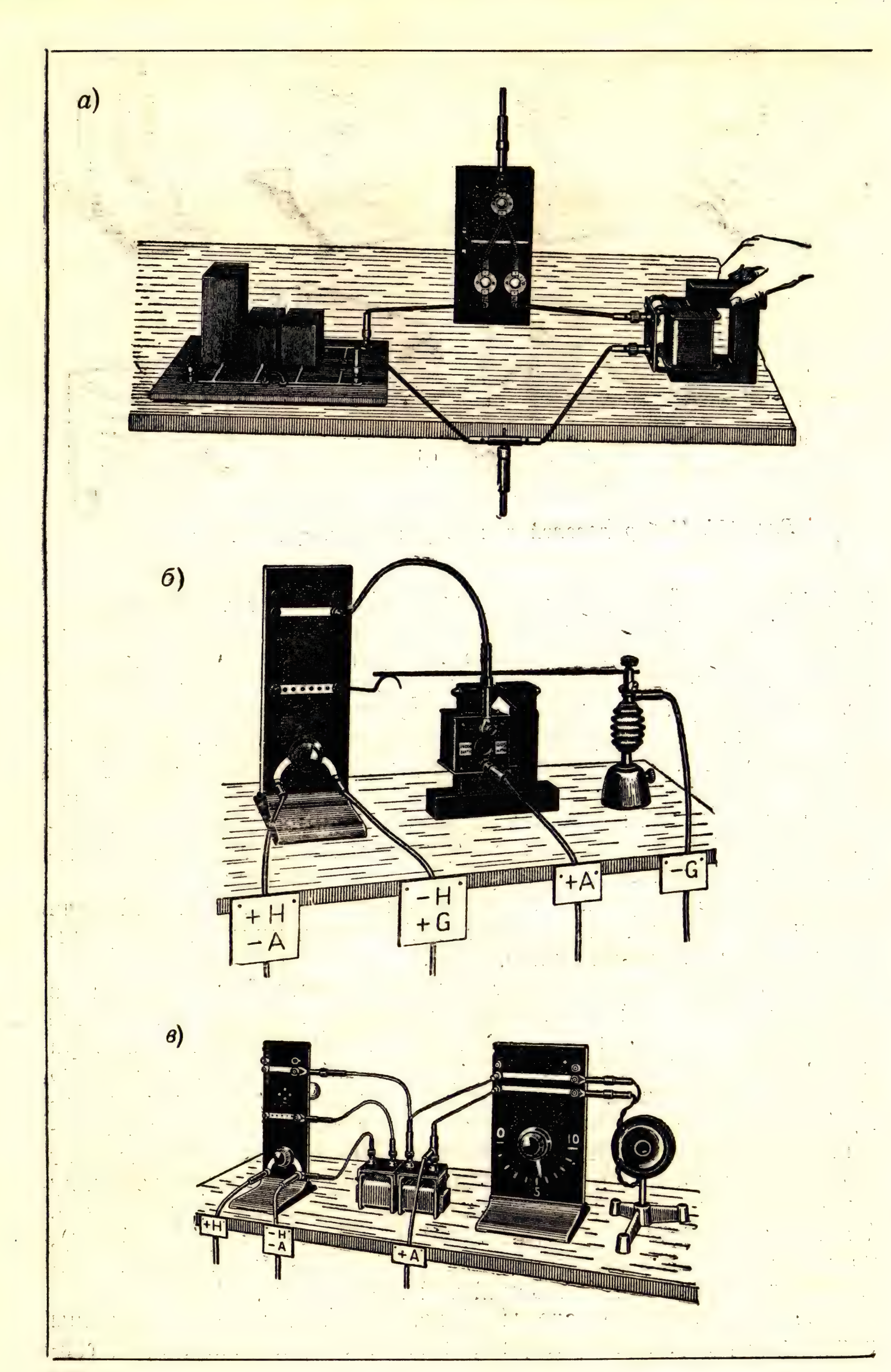
Рис. 156. Набор деталей для сборки демонстрационных схем

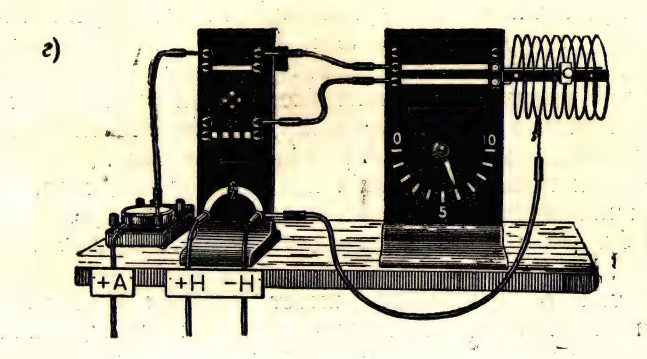
лях, на лицевой стороне которых изображены соответствующие символы, хорошо видные издали. В таком комплекте рационально использовать демонстрационные измерительные приборы, выпускаемые Главучтехпромом для проведения занятий по физике. Эти приборы имеют относительно низкую чувствительность: полное отклонение стрелки получается при токе порядка 3 *ма*. Её можно несколько увеличить, если перемотать рамку более тонким проводом и сменить противодействующие пружины. Легче всего удаётся сочетать хорошую видимость с высокой чувствительностью в приборах с зеркальным или теневым отсчётом. Конструкция этих приборов рассмотрена ниже.

В качестве примера использования отдельных деталей для сборки развёрнутых схем на рис. 157 показан цикл демонстрационных работ по радиотехнике.

Схема рис. 157*а* позволяет показать настройку контура в резонанс с частотой осветительной сети, а также соотношение токов в цепи питания контура и его ветвях. Ёмкость контура имеет порядок 8 ÷ 10 *мкф* и собрана из конденсаторов с очень малым током утечки. В катушке использован сердечник, имеющий поперечное сечение магнитопровода около 10 *см*^{2}, на который надета одна катушка, имеющая 570 витков провода ПЭ 0,8 *мм*. Сдвигая ярмо сердечника, можно регулировать величину индуктивности, а следовательно, и изменять настройку контура. Если эту катушку заменить другой (1100 витков ПЭ 0,65 *мм*), то можно продемонстрировать необходимость уменьшения ёмкости для получения колебаний той же частоты.

Все последующие схемы (рис. 157*б, в, г, д*) посвящены пояснению работы генератора и постепенно развивают представ-


а)
б)
+H
−A
−H
+G
+A
−G
в)
+H
−H
−A
+A
0
10
5



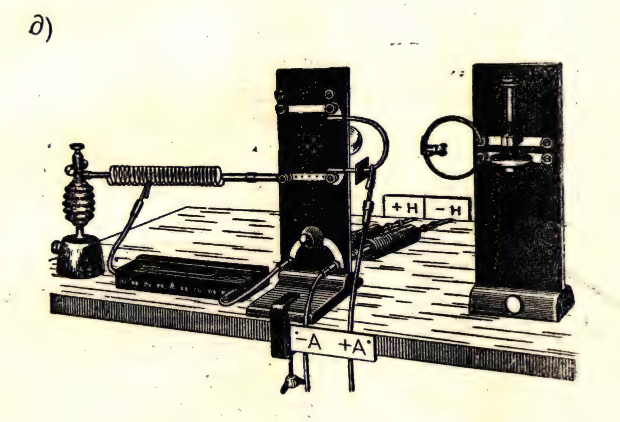


Рис. 157. Демонстрационные установки, собранные из отдельных деталей: *а*) параллельный контур, питаемый от сети, *б*) генератор импульсов с электронной лампой и реле, *в*) генератор звуковых частот, *г*) генератор коротких волн, *д*) генератор ультракоротких волн

ление о механизме самовозбуждения. Первая из них демонстрирует механизм самовозбуждения при очень медленных колебаниях, причём лампа управляется простым электромагнитным реле. Следующая схема даёт генерацию звуковых частот, которые можно прослушать на громкоговоритель. Предпоследняя схема генерирует радиочастотные колебания, наличие которых контролируется неоновой лампочкой. Эту схему можно также использовать для подтверждения необходимости соблюдения в генераторе соответствия фаз и амплитуд. В последней схеме показано использование лампы для генерации укв. Как видно, при сборке схем провода питания пропускают под стол, а для уяснения их назначения к ним на краю стола прикрепляют куски плотной бумаги с соответствующими хорошо видными издали буквами.

Детали такого комплекта имеет смысл использовать для сборки только сравнительно простых схем, иначе на столе получается нагромождение деталей, в котором трудно разобраться.

Более сложные схемы собирать таким образом неудобно, и в этом случае поступают иначе. Детали собирают на специально подготовленном щите, окрашенном чёрной краской или покрытом линолеумом. В начале демонстрации на этом щите мелом вычерчивают схему, которую предстоит монтировать. Далее эту схему «осуществляют», устанавливая соответствующие детали, и закрывают постепенно графическое изображение. С этой целью в щите в соответствующих местах заранее должны быть установлены гнёзда, а детали и соединительные провода — оборудованы вилками. В целях экономии времени можно, как это предложил радиолюбитель М. А. Николенко, оборудовать щит гнёздами для сборки не одной, а нескольких схем, а соединения между гнёздами осуществить за щитом [Л64]. Перед сборкой какого-либо устройства на щит накладывается лист тонкого картона, на котором заранее вычерчена нужная схема и проделаны отверстия против соответствующих, подлежащих использованию гнёзд. Достаточно установить детали, и схема готова к действию. Точное положение листа определяется специальными отверстиями, надеваемыми на установочные штифты.

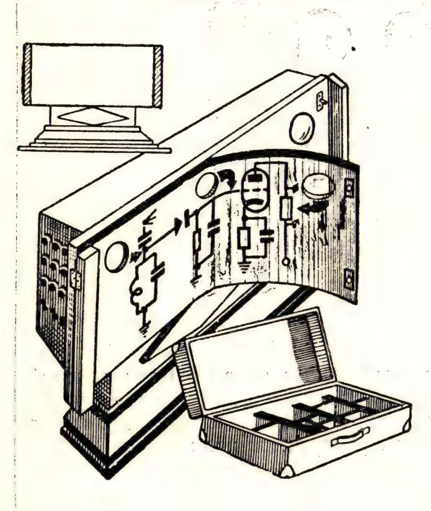


Рис. 158. Щит для сборки развёрнутых схем, оборудованный электронно-лучевыми трубками

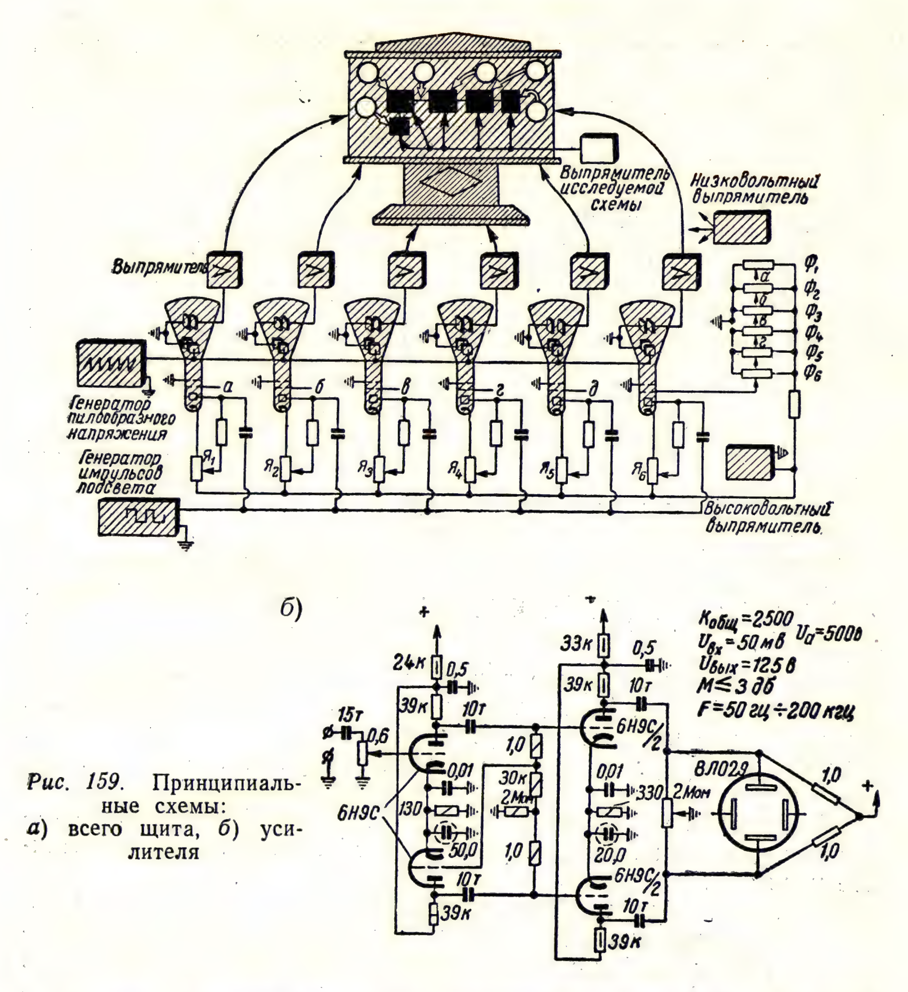


Рис. 159. Принципиальные схемы: *а*) всего щита, *б*) усилителя

На рис. 158 показан более усовершенствованный щит для сборки развёрнутых схем. Кроме ламповых панелек и гнёзд, на нём установлено 8 штук электронно-лучевых трубок с небольшими экранами. Как видно из принципиальной схемы на рис. 159*а*, эти трубки имеют общий выпрямитель питания и общий генератор развёртки по оси *x*. В картоне, накладываемом на щит при сборке схемы, кроме отверстий для установки деталей в гнёзда, имеются также окна для всех используемых экранов трубок. От каждого окна проведены цветные стрелки в те точки принципиальной схемы, в которых имеют место наблюдаемые на экранах кривые напряжений. Поскольку развёртка для всех трубок осуществляется синхронно и синфазно, то масштаб времени и соответствие фаз всех кривых получается одинаковым.

Каждый картонный лист с принципиальной схемой имеет жестяные накладки-фиксаторы, надеваемые на установочные штифты на щите, так что исключаются перекосы листа даже при длительном пользовании пособием. Лист удерживается на месте двумя боковыми створками, подвешенными на петлях и запираемыми шариковыми защёлками.

Блоки развёртки, питания и т. п. расположены с оборотной стороны щита, а ручки управления выведены сбоку. Благодаря этому преподаватель может регулировать установку, не заслоняя щита, а чтобы ему был виден экран, снизу, под некоторым углом, устанавливается смотровое зеркало. Ручки управления позволяют:

1) регулировать фокусировку каждой трубки в отдельности,
2) регулировать яркость каждой трубки в отдельности,
3) изменять частоту развёртки всех трубок одновременно,
4) регулировать чувствительность по оси y каждой из трубок в отдельности,
5) выключать каждую из трубок,
6) включать генератор подсвета,
7) регулировать частоту генератора подсвета.

Генератор подсвета (рис. 159*а*), входящий в установку, вырабатывает короткие импульсы, подаваемые на управляющие электроды всех трубок одновременно. Благодаря этому, на всех кривых получаются яркие точки, соответствующие одинаковым моментам времени. Если частоту генератора подсвета подобрать немного выше частоты развёртки, то калибровочные метки на всех кривых будут постепенно ползти по кривым, облегчая их координацию.

Усилители вертикального отклонения каждой из трубок однотипны и собраны по схеме рис. 159*б*, обеспечивающей достаточное усиление.

Если кривые на трубках получаются слишком мелкими и издали нельзя различать детали их, то над щитом следует установить ещё одну трубку с большим экраном и в ходе демонстрации подключать её параллельно той из малых трубок, на которую в данный момент обращено внимание.

Все детали установки хранятся в специальном чемодане. В крышке размещаются листы картона с принципиальными схемами, а в различных отделениях сменные детали и лампы. На каждом листе, с оборотной его стороны, нанесена схема предыдущего листа, так что первый может быть использован для предварительного раскладывания деталей.

Несмотря на сложность такой установки, она требует затраты гораздо меньшего труда и средств, чем те 20÷25 отдельных установок, которые она заменяет. Преимущество щитов такого рода состоит в том, что соединения в демонстрируемой схеме можно выполнить экранированным проводом. Это снижает опасность возникновения паразитных связей.

Для улучшения видимости щит укреплён на подставке, внутри которой установлен блок питания и генератор подсвета. На верхней части подставки укреплён блок объединённой развёртки. Усилители трубок установлены непосредственно у самих трубок на специальных кронштейнах. Такое распределение блоков обеспечивает достаточную устойчивость всей конструкции.

§ 35. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СХЕМЫ ЛИНЕЙНО-ФИДЕРНЫХ И АНТЕННЫХ СИСТЕМ

Линейно-фидерные и антенные системы, работающие на длинных, средних и коротких волнах, характеризуются значительными геометрическими размерами, исключающими демонстрацию их непосредственно в аудитории. Работы М. С. Неймана, посвящённые моделированию антенн, показали, что если увеличить в определённое число раз частоту питания, то во столько же раз можно уменьшить линейные размеры этих антенн, не нарушая условий их работы, характеристик направленности. На основе этих работ, можно создать наглядные макеты для пояснения распределения токов и напряжений, влияния размеров на величину входного сопротивления, настройки, регулировки и других вопросов в устройствах с распределёнными постоянными.

Кроме того, можно уменьшать размеры таких устройств, изменяя величину погонных параметров при неизменной частоте питания.

Последний метод, хотя и не даёт таких хороших результатов, как метод Неймана, обладает тем преимуществом, что позволяет применять относительно низкие частоты, генераторы которых гораздо легче строить в условиях учебных заведений, нежели генераторы укв.

Основные принципы моделирования антенн [Л38] можно определить в соответствии с данными таблицы, приведённой на стр. 224.

Если земля оригинала не может считаться идеальной, то для моделирования нужно, чтобы земля под моделью имела проводимость в n раз большую, чем под оригиналом. В настраиваемых антеннах индуктивности и ёмкости, включаемые у основания модели, должны быть в n раз меньше, чем у оригинала.

Следует иметь в виду, что точная аналогия не всегда имеет место. Например, активное сопротивление проводов модели будет значительно больше, чем проводов антенны, так как их поперечные сечения в n^2 раз меньше, чем поперечные сечения проводов антенны, а длина только в n раз меньше, чем длина проводов антенны.

До некоторой степени это увеличение сопротивления компенсируется тем, что поверхностный эффект для проводов модели оказывается выраженным менее резко, чем для проводов антенны, несмотря на повышение частоты $\left(R_M \approx \frac{R_A}{\sqrt{n}}\right)$.

Изменение параметров при моделировании антенн

Параметр	Оригинал	Модель
Геометрические размеры	n	1
Частота	f	$f \cdot n$
Полная ёмкость антенны	C_o	C_o/n
Ёмкость отдельной детали антенны	C_i	C_i/n
Полная индуктивность антенны	L_o	L_o/n
Взаимоиндуктивность	M	M/n
Собственная длина волны	λ_o	λ_o/n
Сопротивление излучения при хорошо проводящей земле	R_Σ	R_Σ
Сопротивление заземления	$R_з$	$R_з$
Распределение амплитуд и фаз токов и напряжений, а также характеристика направленности	В зависимости от типа антенны и частоты питания	В соответствии с оригиналом

Для равенства сопротивлений антенны и модели провода последней должны быть взяты преувеличенного диаметра по сравнению с остальными размерами. Однако, если поступить таким образом, то будут нарушены другие соотношения, например, ёмкость модели не будет уже в n раз меньше ёмкости антенны. Впрочем, практическая разница будет в обычных случаях невелика.

Сопротивление, эквивалентное диэлектрическим потерям и некоторым другим видам потерь, также не будет одинаково для модели и для антенны.

Необходимо учитывать, что присутствие вблизи модели посторонних предметов, в том числе и людей, может существенным образом нарушить подобие. Поэтому при демонстрации модели антенны её нужно располагать подальше от стен, проводов освещения, крупных или заземлённых металлических предметов.

Теория, разработанная Нейманом, предназначена для моделирования антенных систем, но её с таким же успехом можно приложить и к моделированию вообще всех устройств с распределёнными постоянными, в первую очередь — линейно-фидерных.

Поскольку модели устройств с распределёнными постоянными предназначаются главным образом для отображения электриче-

ских особенностей и поэтому носят схематичный характер, на первый взгляд может показаться, что в этих моделях нет необходимости отображать детали конструкций, реальных сооружений, например, показывать блоки, коуши и т. д. Однако введение в схему второстепенных элементов, как показывает опыт, существенно увеличивает наглядность. Чтобы дать представление о степени уменьшения, полезно такие макеты помещать на фоне пейзажа или помещать рядом с ними соответственно уменьшенные фигурки людей или животных.

Из антенно-фидерных устройств наиболее известна и распространена так называемая длинная или измерительная линия (речь идёт об открытом варианте). Двухпроводная линия питается генератором укв и с её помощью можно провести множество демонстраций, носящих качественный и количественный характер. Обычно линию берут длиною в 2÷4 длины волны. На практике приходится исходить из удобных для проведения демонстрации размеров линии, а уже по этим размерам подбирать частоту генератора.

Длинную линию следует установить в аудитории стационарно. В больших аудиториях размеры линии могут быть тоже большими; в этом случае питать её можно относительно длинными волнами, которые легко получить посредством обычных ламп. Кроме того, линия значительной протяжённости обеспечивает лучшую видимость. Стационарную линию натягивают между двух стен на высоте примерно трёх метров параллельно доске над демонстрационным столом. На провода линии, когда она не используется по прямому назначению, можно подвешивать различные лёгкие предметы, применяемые в других демонстрациях, например шкалы зеркальных приборов, плакаты, фоны, или использовать эти провода в качестве антенны.

Линия выполняется из биметаллических проводов диаметром 3÷5 *мм,* натянутых на расстоянии от 150 до 250 *мм.* С обоих концов провода линии изолируют орешковыми изоляторами по 2÷3 штуки в цепочке; в начале линии устанавливают виток связи с генератором, а к концу линии подключают вертикальный шлейф, оканчивающийся на уровне стола и служащий для подключения различных нагрузок. Если шлейф выполнить длиной в $\lambda/8$ и предусмотреть возможность его отключения, то он может быть использован для непосредственного измерения волнового сопротивления.

Провода линии натягиваются мощной пружиной. В конструкции крепления нужно применить уравнительный блок, создающий равное натяжение обоих проводов, а также тальреп, с помощью которого можно регулировать натяжение линии.

Вдоль линии передвигается каретка, на которой можно установить неоновую лампочку или лампочку накаливания, либо какой-нибудь другой индикатор со стрелочным отсчётом. Для лёгкости хода каретка перемещается на фарфоровых втулочках с

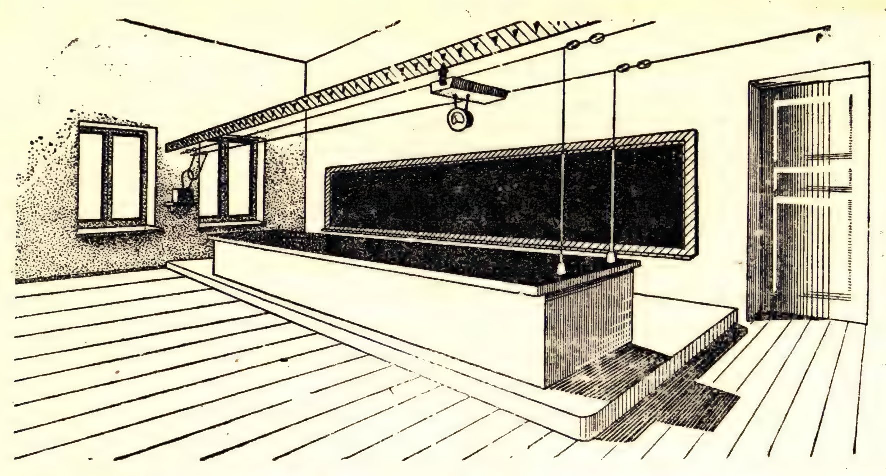


Рис. 160. Конструкция и размещение в аудитории открытой двухпроводной измерительной линии

помощью прочной нити, например, рыболовной капроновой лески и системы блоков. Величина перемещения отсчитывается по широкой бумажной шкале с крупными делениями, подклеенной для прочности на марлевый бинт и подвешенной на нитях к потолку.

Типичная конструкция и размещение линии в аудитории показаны на рис. 160. Генератор питания линии собирают по двухтактной схеме на лампах ГУ-29, 6П6С, ГИ-3 и устанавливают на настенной консоли таким образом, чтобы его контурный виток, служащий элементом связи с линией, был на уровне витка связи линии. Переменный конденсатор должен изменять частоту в $2 \div 3$ раза.

При налаживании линии иногда происходит нежелательное явление: вместо одиночных узлов тока и напряжения получаются двойные. В большинстве случаев причиной этого явления служит сильная связь линии с контуром генератора, в результате чего получается нечто вроде двугорбой резонансной кривой. При ослаблении связи расстояние между двумя соседними узлами уменьшается до нуля. Другой причиной такого явления может служить асимметрия линии по ёмкостям на землю, возникающая тогда, когда в непосредственной близости от линии находится какой-либо заземлённый предмет, удалённый не одинаково от её проводов. В этом случае необходимо устранить влияние мешающего предмета, убрав его или изменив расположение линии. Помимо этого пульсации питающих напряжений приводят к появлению гармоник, в результате чего при стоячих волнах в линии исчезают узлы и создаётся иллюзия бегущей волны.

Линию такой конструкции можно с успехом использовать и для выполнения демонстрационных лабораторных работ, производя на классной доске необходимые вычисления и построения графиков. Так, с помощью этой линии можно посредством неоновой лампочки и лампочки от карманного фонаря показать распределение узлов и пучностей, максимумов и минимумов напряжений и токов при различных видах нагрузки, измерить длину волны; используя прибор с термопарой или германиевым детектором, можно снять кривые распределения тока и напряжения, измерить коэффициент бегущей волны, продемонстрировать порядок настройки линии. Применяя дополнительный шлейф с перемычкой, удаётся наглядно показать работу металлического изолятора, шлейфового вольтметра, шлейфового согласователя, научить измерению реактивных и полных сопротивлений на укв.

Часто приходится испытывать затруднения с приборами для стрелочной индикации в таких линиях, так как термоэлементы легко повреждаются. Можно рекомендовать простейший болометрический мост, в котором в качестве болометра включена лампочка от карманного фонаря (рис. 161). Лампочка расцоколёвана для уменьшения ёмкости, которая её шунтирует. Дроссели *Др* выполняются на длинных цилиндрических каркасах прогрессивной намоткой. Число витков их следует подобрать в зависимости от рабочего диапазона частот. Сопротивления R_1, R_2 наматывают на изоляционную полоску ползункового потенциометра. В качестве источника постоянного тока используют сухой элемент или батарейку карманного фонаря, а индикатором может служить магнитоэлектрический прибор с достаточно высокой чувствительностью и крупной стрелкой. Ток высокой частоты прогревает нить болометра, изменяет её сопротивление и этим нарушает баланс моста постоянного тока. Прибор в диагонали можно градуировать непосредственно в единицах величины тока. Болометр нельзя шунтировать, и если требуется измерять большие токи, то приходится применять лампочку с более толстой и прочной нитью.

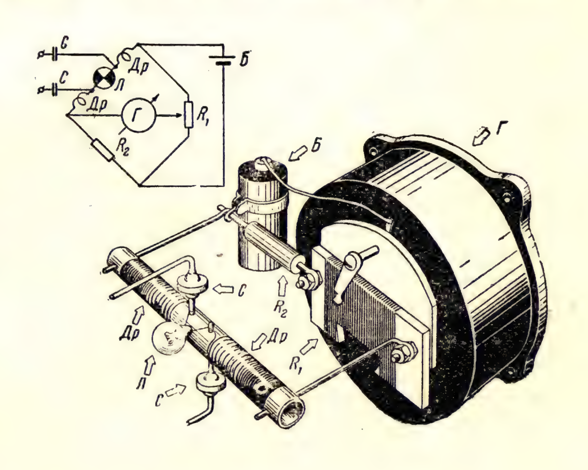


Рис. 161. Конструкция деталей и схема простейшего болометрического моста для измерения токов укв

Для большей части измерений болометр можно поместить в разрыв витка связи линии. Для уменьшения паразитных наводок дроссели следует расположить перпендикулярно плоскости витка связи, а остальные детали моста вместе с индикатором вынести в место, удобное для регулировки моста. Если схему дополнить одноступенным усилителем постоянного тока, то в качестве индикатора можно использовать даже щитовые приборы.

Для индикации состояния линии при демонстрациях неудобно использовать приборы, контролирующие анодный или сеточный токи генератора, так как обычно связь с генератором выбирают слабой и его режим подвержен очень малым изменениям.

В тех учебных заведениях, где нет возможности подвесить стационарную линию, приходится пользоваться линией меньшего размера, удобной для переноски (рис. 162 и 163).

Линия, собираемая на столе (рис. 162), представляет собой два прута, которые укладываются в специальные пазы наклонных изолирующих подставок. Для прочности пруты должны быть латунными, с диаметром не менее 4 ÷ 6 *мм,* а для удобства переноски — свинчиваться из двух или трёх частей. В связи с тем, что линия лежит в плоскости, наклонённой под углом 45°, все перемычки, которые на неё укладывают в ходе демонстрации, лежат плотно, с хорошим контактом. При таком расположении линии получается хорошая видимость, которую можно увеличить ещё более, если за линией установить фон. Шлейфы устанавливаются вертикально, причём для устойчивости их свободные концы приходится подвешивать на нити к потолку. Отсчёт перемещений и расстояний на линии производят по бумажной шкале, прикреплённой к одному из прутков.

Линия в стеклянной трубе (рис. 163) удобна для количественных демонстраций. Внутри широкой стеклянной трубы диаметром не менее 80 *мм* натянута двухпроводная линия, а по наружной поверхности трубы передвигается каретка из изоляционного материала. На ней установлен кристаллический детектор (например, типа ДГ-Ц2 или ДК-И2) с витком связи, ёмкостный фильтр, а также индикаторный прибор (шкала на 1 *ма).* На стойке сверху расположена длинная доска, оклеенная линолеумом, на которой нанесена белой нитрокраской прямоугольная сетка. Стрелка, закреплённая на каретке, даёт возможность отсчитывать перемещение. Каретку передвигают с помощью капроновой нити, переброшенной через два блока, или гетинаксовой трости.

Во время демонстрации, передвигая каретку и беря отсчёты по прибору, наносят мелом на сетку результаты измерений и таким образом весьма наглядно на глазах у учащихся, строят кривую распределения амплитуд тока.

В этой установке имеется возможность заполнить трубу дистиллированной водой и показать влияние диэлектрической проницаемости среды на распространение волн в линии. С этой целью

Рис. 162. Измерительная линия, собираемая на столе

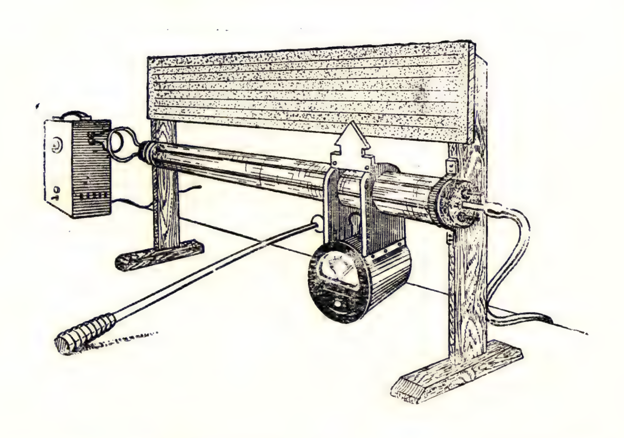


Рис. 163. Измерительная линия в стеклянной трубе

труба с обоих концов герметически закрыта двумя изолирующими пробками, в которых имеются патрубки для заполнения водой. За доской расположен резервуар для воды. Если снять кривую распределения амплитуд в случае пустой трубы, а затем с водой, то можно очень просто и убедительно показать, что за счёт изменения скорости распространения расстояние между пучностями (или узлами) сокращается примерно в 9 раз, что соответствует увеличению диэлектрической проницаемости среды в 81 раз.

В последние годы в связи с расширением учебных программ в части вопросов техники укв возникает необходимость в демонстрационных волноводных измерительных линиях. Излишне сокращать длину волны и сечения волновода не следует, так как волноводы сантиметрового диапазона по своим малым сечениям для демонстрации непригодны. Демонстрационный волновод для обеспечения видимости должен иметь достаточно крупные размеры, например, 10×20 *см.* Для получения простейшего типа волн его можно питать частотой всего 1500 *Мгц,* которую легко можно получить от магнетронного генератора или триодного генератора. Отдельные участки волновода следует выполнить из мелкой медной сетки, пропаянной по узлам и посеребрённой для увеличения проводимости. Сквозь сетку удобно наблюдать свечение неоновых ламп, подвешенных внутри волновода на изоляционных нитях.

Измерительные линии не являются единственным типом пространственных схем цепей с распределёнными постоянными. Используя приведённые выше соображения по моделированию антенн, можно строить модели таких линейных сооружений, как фидеры, фидерные трансформаторы, согласователи, автоматические фидерные коммутаторы и т. п. Пространственные схемы этих сооружений следует строить, соблюдая не только принципиальное, но и внешнее подобие. Однако в отличие от простых макетов-уменьшений необходимо, чтобы конструктивные детали, обеспечивающие внешнее сходство, не нарушали электрического действия схемы. Особое внимание уделяется вопросам изоляции и устранения паразитных, в частности сосредоточенных, ёмкостей. В связи с этим нужно тщательно продумать размещение макетов строений, металлизацию земли и т. д.

Специальные конструкции линий задержек, разработанные в последние годы в связи с развитием радиолокационной техники, дают возможность строить пространственные схемы цепей с распределёнными постоянными. При этом нет необходимости повышать частоту, поскольку современные конструкции позволяют сокращать длину линии более чем в 500 раз.

Идея такой искусственной линии с равномерным распределением параметров, используемой в качестве элемента задержки, состоит в том, что различными приёмами намного увеличивают

погонную ёмкость C_1 и погонную индуктивность L_1. Пусть, например, первая увеличена в m раз, а вторая — в n раз, т. е.

$$C_{1_{иск}}=mC_{1_{реальн}} \text{ и } L_{1_{иск}}=nL_{1_{реальн}}.$$

Тогда волновое сопротивление искусственной линии будет

$$Z_{0\,иск}\approx\sqrt{\frac{L_{1\,иск}}{C_{1\,иск}}}=\sqrt{\frac{L_{1\,реальн}}{C_{1\,реальн}}\,\frac{n}{m}}=Z_{0\,реальн}\sqrt{\frac{n}{m}}\,.$$

т. е. изменится немного, а если обеспечить равенство $m=n$, то оно останется прежним. Иначе обстоит дело со скоростью распространения

$$v_{иск}=\frac{c}{\sqrt{L_{1\,иск}C_{1\,иск}}}=\frac{c}{\sqrt{nm}\sqrt{L_{1\,реальн}\,C_{1\,реальн}}}=\frac{v_{реальн}}{\sqrt{mn}}\,,$$

а при равенстве множителей m и n, т. е. при $m=n=\kappa$

$$v_{иск}=\frac{v_{реальн}}{\kappa}.$$

Соответственно уменьшению скорости распространения во столько же раз уменьшается длина волны и геометрическая длина сооружения.

Для увеличения погонной индуктивности провод линии выполняют в форме спирали малого диаметра, намотанной относительно тонким проводом на линоксиловую трубку. Можно ещё больше увеличить погонную индуктивность, если поместить в трубку стандартные стержневые карбонильные или ферритовые сердечники.

Для увеличения погонной ёмкости провод наматывают на длинную заземлённую полосу фольги, свёрнутую так, чтобы не получалось короткозамкнутого витка. Если используют относительно небольшие напряжения, то можно не прибегать к дополнительной изоляции, применив в качестве диэлектрика распределённой ёмкости изоляцию провода. В случае больших напряжений следует поверх фольги, перед намоткой токонесущего провода, намотать внахлёстку ленту тонкого диэлектрика, например, целлофана или стирофлекса.

В тех случаях, когда необходимо демонстрировать явления, связанные с наличием в линии затухания, для навивки можно использовать вместо медного провода какой-либо высокоомный провод. Желая получить значительную утечку в линии, можно на-

мотку произвести голым проводником, а в качестве диэлектрика использовать бумагу, пропитанную составом, уменьшающим её сопротивление.

Равномерность параметров по длине можно получить, производя намотку на токарном станке со сквозным шпинделем (рис. 164). Линоксиловая трубка, закреплённая на головке суппорта, пропущена через шпиндель и натягивается посредством блока. На планшайбе укреплена катушка с навиваемым проводом и контргруз, а также глазок, направляющий провод, и пружина, тормозящая разматывание катушки. Каретка суппорта в процессе навивки постепенно передвигается самоходом в сторону передней бабки, причём скорость смещения должна быть подобрана так, чтобы витки накладывались вплотную. Регулируя тормозную пружину, можно получить различное натяжение провода. Изолирующую ленту и полосу фольги накладывают заранее, временно закрепляя их нитками, которые в ходе намотки постепенно срезают. Магнитодиэлектрические сердечники набивают в трубку заранее. Стеклянную трубку можно заполнить мелким порошком магнитодиэлектрика, смешав его с каким-либо связывающим веществом — с парафином или универсальным клеем.

При конструировании наглядных пособий, содержащих искусственную линию разобранного выше типа, нужно учитывать что электрическое и магнитное поля в ней распределяются иначе, чем в обычных открытых двухпроводных линиях. Поэтому в искусственных линиях приходится пользоваться индикаторами, связанными с линией кондуктивно, а не зондами или петлями связи, поскольку внешнее поле линии оказывается сильно ослабленным.

В качестве примера применения линий с искусственно увеличенными погонными параметрами могут служить два пособия, изображённые на рис. 165*а, б*.

Установка (рис. 165*а*) представляет собой макет вертикальной заземлённой антенны. Провод диаметром 0,4 *мм* наматывается на стеклянную трубку с наружным диаметром 10 *мм,* имеющую длину около одного метра и установленную над металлическим листом. У основания антенны находится колодка с катушкой

Рис. 164. Процесс навивки провода искусственной линии

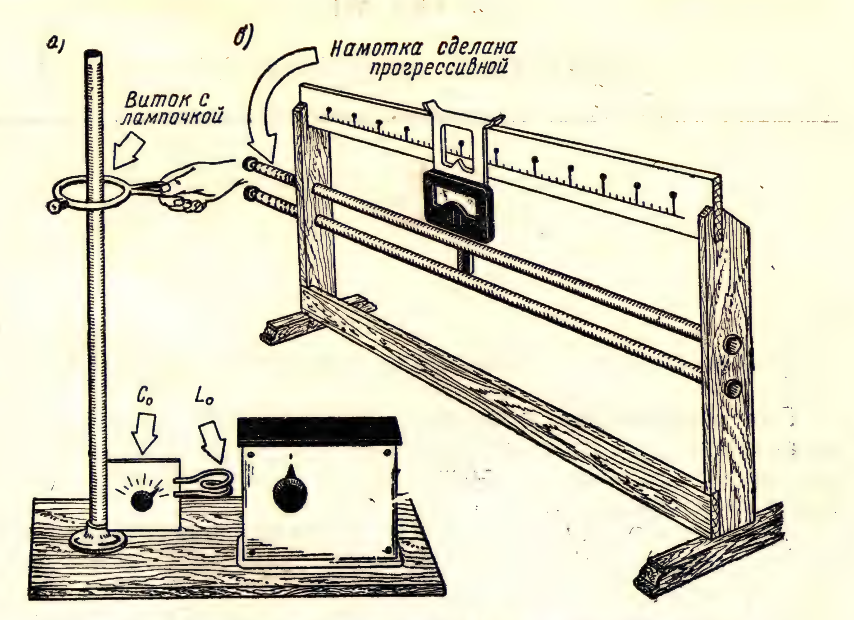


Рис. 165. Пособия, демонстрирующие искусственные линии: *а*) вертикальная заземлённая антенна, *б*) двухпроводная линия

связи и укорачивающим конденсатором переменной ёмкости. Индикатором служит устройство, состоящее из витка, укреплённого на деревянной ручке, в разрыв которого включена миниатюрная лампочка накаливания. С помощью индикатора можно демонстрировать распределение тока вдоль антенны при различной настройке.

Устройство (рис. 165*б*) представляет собой двухпроводную демонстрационную линию. Индикатор, перемещаемый вдоль линии, связан с проводами пружинными контактами, которые скользят по дорожкам, зачищенным от изоляции наждачной бумагой. При зачистке соседние витки намотки не должны оказаться замкнутыми между собой. В этом пособии намотка уложена на фольге от конденсатора, а трубка заполнена магнитодиэлектриком. Для согласования линии с генератором намотка у этого конца сделана прогрессивной, полоса фольги срезана клином так, что погонные параметры изменяются плавно, а волновое сопротивление линии — экспоненциально.

ГЛАВА VII

ПРОВЕДЕНИЕ ДЕМОНСТРАЦИЙ

§ 36. СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ВИДИМОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Под обеспечением видимости (наблюдаемости) понимается такая постановка демонстраций, при которой каждое наглядное пособие во всех своих деталях и без напряжения зрения хорошо видно всем учащимся.

Для обеспечения видимости в первую очередь необходимо, чтобы наглядные пособия имели большие размеры. Поэтому перед тем, как приступать к их изготовлению, полезно сделать из бумаги самый грубый макет, тушью наметив на нём наиболее существенные контуры и детали. Расположив его в соответствующем месте аудитории, следует проверить, будет ли он хорошо виден с самых дальних мест. Иногда бумажный макет можно заменить чертежом на классной доске.

Все детали, которые имеют плохую видимость, например, нити, провода, магнитные стрелки, рассматриваемые с ребра и т. п., нужно снабжать бумажными флажками (рис. 166), приклеенными вертикально. Для этой же цели можно использовать соломинки, обрезки цветных хлорвиниловых трубок и т. п. Эти сигнальные приспособления помогают зрителю разыскать плохо видимый предмет.

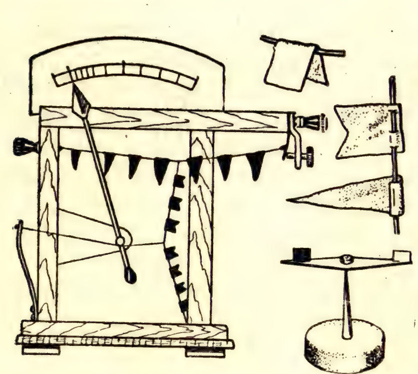


Рис. 166. Применение флажков для увеличения видимости

На магнитных стрелках и других аналогичных деталях сигнальные приспособления следует раскрасить, чтобы было видно, каким концом повёрнута стрелка.

Монтажные провода, используемые для сборки схем в ходе демонстрации, следует брать в толстой изоляции, и в случае необходимости раскрашивать её.

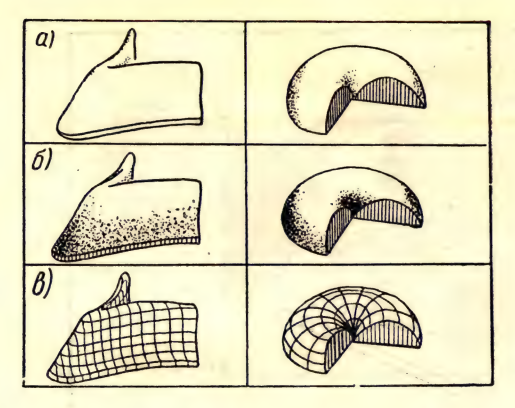


Рис. 167. Приёмы подчёркивания формы пространственных характеристик: *а*) равномерная окраска, *б*) окраска с гримом, *в*) сетка сечений

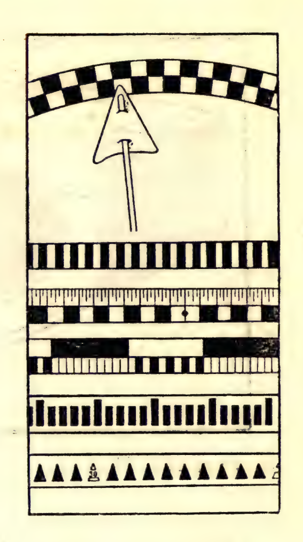


Рис. 168. Шкалы и стрелки демонстрационных приборов

Раскраска наглядных пособий и отдельных деталей является важным приёмом увеличения видимости, при этом нужно использовать яркие, так называемые «чистые» тона, хорошо различаемые издали. В тех случаях, когда в наглядном пособии (рис. 167*а*) важно подчеркнуть форму поверхности, усилить пространственное восприятие её, раскраску можно сопровождать «наложением грима» (рис. 167*б*), т. е. наиболее выступающие участки окрашивать более светлым тоном. Переход тонов должен совершаться постепенно, без заметных градаций. Его легче всего получить, производя окраску пульверизацией. Правильному восприятию формы пространственных тел и улучшению их видимости способствует нанесение на поверхность различных линий, например, на шаровой поверхности — меридианов и параллелей (рис. 167*в*). Эти линии должны изображать следы сечения демонстрируемого тела ортогональными, параллельными или соосными плоскостями.

Шкалы и стрелки обычных измерительных приборов, как правило, непригодны для демонстрации в большой аудитории. Поэтому шкалы приборов приходится переделывать, а на концы стрелок насаживать бумажные наконечники, хорошо заметные издали (рис. 168). Для увеличения видимости шкалы мелких приборов их следует переделать на проекционный отсчёт. Для этого, как показано на рис. 169, прибор помещают в затемняющую коробку с одной стенкой из матового стекла и, насадив на стрелку небольшую соломинку или загнув, освещают её сосредоточенным источником света. На экране получается чёткая тень, удобная для отсчёта.

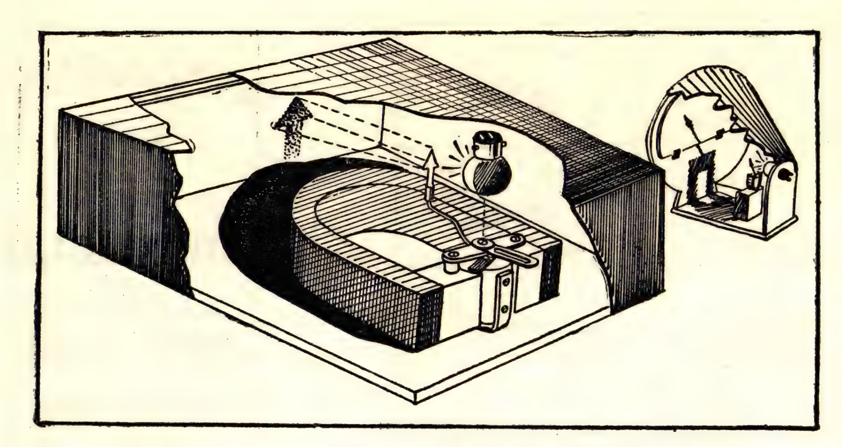


Рис. 169. Устройство, позволяющее увеличить видимость шкалы и стрелки мелких приборов

На степень видимости существенно влияет цвет фона. В ряде случаев имеет смысл наглядные пособия располагать на фоне специального экрана. Контуры демонстрируемого предмета очерчиваются резче и становятся хорошо видимыми издали. В комплекте наглядных пособий желательно иметь два экрана — большой и малый (рис. 170). Большой экран изготовляется из пятимиллиметровой фанеры. Он укрепляется вертикально на тяжёлых ножках, отлитых из свинца. Одна сторона экрана окрашивается в чёрный цвет, другая — в белый. Окрашенная поверхность должна быть матовой, иначе при неудачном расположении источника света на ней будут наблюдаться яркие блики, ухудшающие видимость. Вместо окраски экран можно оклеить белой и чёрной бумагой, но бумага быстро грязнится. Имеет смысл сделать экран со светящейся поверхностью. Он представляет собой стенку фанерной или жестяной коробки, сделанную из матового стекла или пропарафинированной бумаги. Полупрозрачный экран освещается сзади несколькими маломощными лампочками или лампой дневного света. Для равномерности освещения экрана внутри коробки устанавливается изогнутый отра-

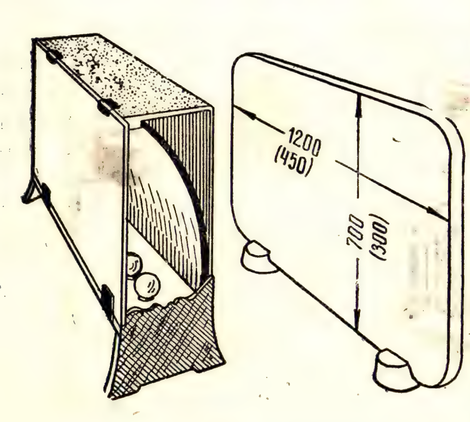


Рис. 170. Экраны, применяемые для увеличения видимости

жатель из белой жести. Отражающую способность жести делают в разных местах неодинаковой, забрызгивая её белилами: в нижней части краски разбрызгивают больше, чтобы этот район был освещён не ярче верхнего, более удалённого от лампы. Такой светящийся экран делает более заметными контуры пособий и приводит к появлению на них бликов и рефлексов, способствующих лучшему восприятию формы.

§ 37. РАСПОЛОЖЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ДЕМОНСТРАЦИИ

Очень важно правильно расположить наглядные пособия перед учащимися. Прежде всего нужно позаботиться о том, чтобы демонстратор мог выполнять все необходимые манипуляции, не заслоняя пособий. Для этого органы управления должны находиться на периферии всей установки, а несущественные органы (например, общий выключатель) можно поместить за пределами видимости. Органы настройки, расположенные на лицевой панели устройства, имеет смысл дублировать ручками, расположенными сзади; ими оператор производит необходимую настройку, а рукоятки, расположенные спереди, позволяют учащимся следить за ходом настройки.

Для обеспечения видимости все наглядные пособия должны быть расположены так, чтобы первые ряды учащихся не заслоняли зрения учащимся в последних рядах. В аудиториях, где места расположены амфитеатром, для этого не требуется принимать специальных мер. При обычном же расположении мест демонстрируемые объекты следует ставить на подставки, ящики, подъёмные столики, либо укреплять на консолях (рис. 171). В тех редких случаях, когда объект демонстрации должен располагать-

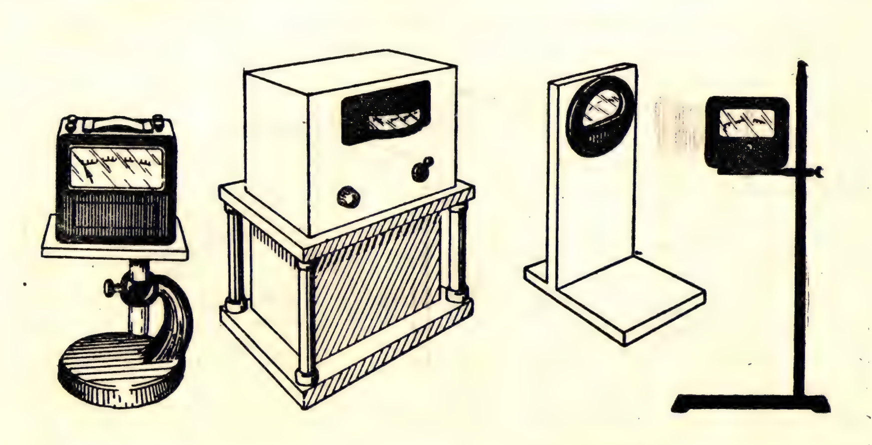


Рис 171. Применение подставок для увеличения видимости

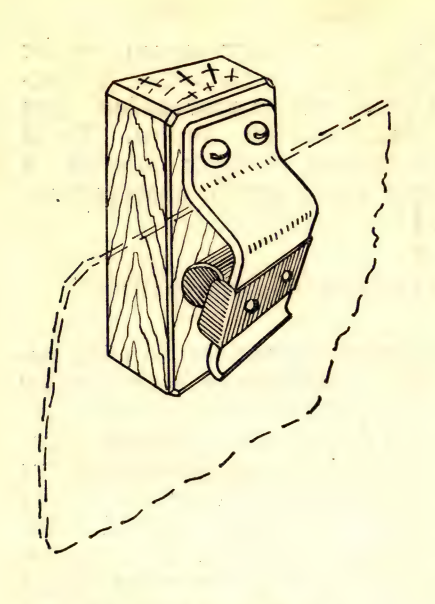


Рис. 172. Роликовый зажим для плакатов

ся горизонтально, для показа следует использовать зеркало, укреплённое на подставке и установленное под соответствующим углом. Демонстрационные установки рационально монтировать на вертикальных щитах, как это принято делать у развёрнутых схем. Такие щиты, подобно экранам, укрепляются на тяжёлых ножках. Иногда щиты, схемы и т. п. пособия, имеющие вертикальную композицию, вешают на классной доске, обычно на одном из брусьев рамы (обвязки) на привинченные крючки, скобы или ролики. Имеет смысл подвес во всех аудиториях делать одинаковым, и все новые пособия изготовлять в расчёте на него. Для чертежей, схем и плакатов удобно применять роликовый зажим, изображённый на рис. 172.

При расстановке наглядных пособий на столе следует соблюдать ряд правил. Во время демонстрации необходимо иметь только те приборы, которые самым непосредственным образом используются в работе. Второстепенные несущественные для демонстрации детали надо убрать из поля зрения учащихся и тем сосредоточить их внимание на основных объектах. К второстепенным деталям можно отнести источники питания, некоторую коммутационную аппаратуру, генераторы различных частот. Если по каким-либо причинам отдельные приборы нужно использовать только в начале демонстрации, то по миновании надобности их надлежит убрать. Расположение приборов на столе следует выбирать таким, чтобы при наблюдении их из всех точек аудитории они не заслоняли друг друга. Видимость приборов можно определить предварительно, пользуясь планом аудитории, как показано на рис. 173, а затем во время репетиции прове-

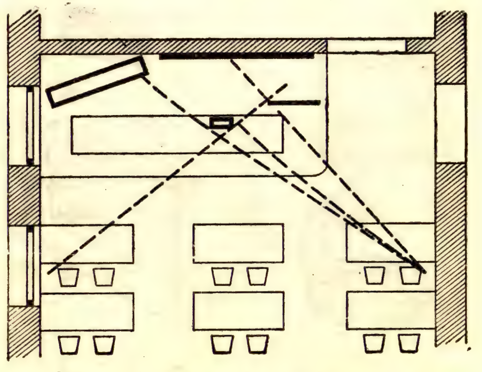


Рис. 173. Проверка видимости на плане аудитории

рить уже в натуре. В тех случаях, когда демонстрационная установка представляет собой электрическую схему, собираемую непосредственно на демонстрационном столе, очень важно продумать монтаж и подготовить соединительные проводники. Детали этой схемы необходимо разместить так, чтобы монтаж оказался расположенным не в горизонтальной, а в вертикальной плоскости. Соединительные провода для таких схем должны иметь толстую, ярко окрашенную и хорошо заметную издали оплётку, и обладать жёсткостью, достаточной для сохранения придаваемой им формы. Выгибание и подгонка соединительных проводов, а иногда и сами соединения должны производиться заранее, во время подготовки. При этом соединительные провода должны располагаться параллельно или перпендикулярно друг другу подобно линиям на принципиальной схеме. Конфигурация монтажных соединений должна быть связана с принципиальной схемой.

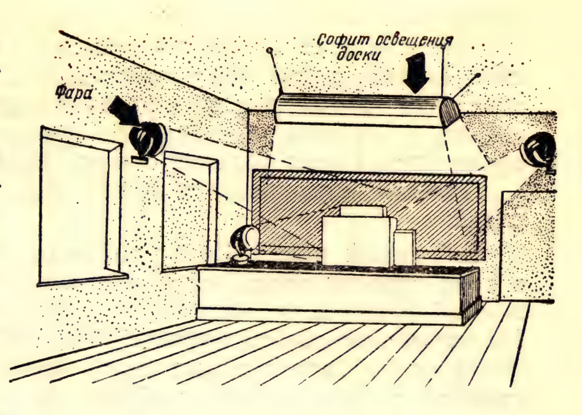


Рис. 174. Система освещения демонстрационного стола

Во время демонстрации не следует заслонять наглядными пособиями классную доску, так как к ней часто приходится обращаться для пояснения отдельных вопросов, записи результатов и для ведения конспекта демонстрации.

Увеличению видимости способствует освещение демонстрационного стола, независимое от освещения всей аудитории. Над столом следует подвесить софит с мощными лампами, который, освещая установки и пособия со стороны аудитории и сверху (рис. 174), устраняет опасность появления крупных бликов. При этом зеркально отражённые лучи идут в пол и не ослепляют учащихся. Можно добиться очень эффектного освещения наглядных пособий, используя скрытый источник света, освещающий (подсвечивающий) пособия сзади. В качестве такого источника можно использовать дополнительную переносную лампу с рефлектором или проекционный фонарь с вынутым объективом.

§ 38. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЕКЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Прекрасным средством обеспечения видимости является использование проекционной техники. В учебных заведениях необходимо широко использовать на лекциях кино, эпископический и

диаскопический показ. Нужно однако признать, что эти средства наглядности пока не нашли должного и повсеместного применения. Причина в том, что универсальные, годные для всех учебных заведений технические кинофильмы и диафильмы, создать невозможно, а учебные заведения не принимают должных мер для производства этих фильмов своими силами.

Проекционную технику можно использовать для следующих целей:

1. Теневой показ. Перед сильным источником направленного в одну сторону света, например проекционным фонарём со снятым объективом, устанавливают мелкие детали, механизмы и т. п. На экране получается крупное чёткое теневое изображение. Часто такой способ имеет смысл применять для проектирования тени стрелок измерительных приборов. В тех случаях, когда демонстрируемые объекты необходимо располагать в горизонтальной плоскости, применяют проекционный фонарь с приставкой для горизонтальной проекции.

2. Эпископический показ непрозрачных рисунков, чертежей и фотографий производится посредством эпископа. Позволяет без специальной подготовки пользоваться иллюстрациями из книг, рисунками «от руки» и т. п. Обеспечивает относительно небольшую яркость изображения. В СССР распространены комбинированные проекторы, называемые эпидиаскопами.

3. Диаскопический показ прозрачных диапозитивов. Осуществляется посредством проекционного фонаря. Обеспечивает хорошую яркость изображения, но подготовка диапозитивов требует некоторой затраты труда и часто — выполнения ряда фотографических работ.

4. Кинопоказ. Осуществляется при помощи кинопроекционного аппарата, пользоваться которым может только квалифицированный киномеханик. На лекциях удобно показывать короткометражные фильмы и так называемые кольцовки — относительно небольшие отрезки киноленты, склеенные в кольцо. Кольцовки позволяют демонстрировать различные повторяющиеся процессы, например распространение волн, пролёт электронов в клистроне и т. п. Изготовление кинофильма, помимо специальной и мало ещё распространённой съёмочной аппаратуры, требует большой затраты труда и может быть произведено только лицами, имеющими определённую подготовку.

Обычное использование проекционных приборов связано с затемнением помещения, что имеет ряд недостатков. Для показа диапозитивов или кинофильмов приходится прерывать нормальный ход лекции и лишать учащихся возможности конспектировать. Лектор перестаёт видеть учащихся, теряет с ними связь, а это лишает его возможности руководить их вниманием. Приходится аудиторию оборудовать специальным устройством, при помощи которого можно было бы быстро затемнять помещение.

Кроме того, каждая смена условий освещения аудитории вызывает расход времени на адаптацию глаз зрителей.

В связи с этим огромное методическое значение имеет проекционный показ в незатемнённом помещении. В настоящее время эта проблема решена.

Для показа дневного кино используют специальные экраны, работающие на просвет и поэтому обладающие большой светоотдачей. Экран защищается козырьками от засветки посторонним светом и размещается в раструбе затемняющей шахты, в горловине которой установлен проектор обычного типа. Яркость изображения может быть повышена за счёт уменьшения размеров экрана. Результаты работ в области дневной проекции, а также рекомендации по изготовлению экранов и оборудования аудитории можно найти в литературе [Л6, 24, 72].

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Г. Апринцева. Демонстрация поперечных волн. Журнал «Физика в школе» № 6, 1949.

2. М. С. Арефьев. Чертежи на классной доске. Журнал «Физика в средней школе» № 1, 1939.

3. Б. П. Асеев. Фазовые соотношения в радиотехнике. Связьиздат, 1953.

4. К. А. Базыкин. Ввести единое изображение телефонных схем. Журнал «Вестник связи» № 2, 1950.

5. Л. И. Байда и А. А. Семенкович. Электронные усилители постоянного тока. Госэнергоиздат, 1953.

6. М. М. Басов, С. О. Майзель, Р. Н. Новицкий, В. В. Петров. Дневное кино. Госкиноиздат, 1951.

7. В. И. Боков. Приборы к теме «Электромагнитные колебания и волны». Журнал «Физика в школе» № 5, 1953.

8. А. И. Большаков. Декоративная лепка. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951.

9. В. Н. Бриллиантова. Аэрографический метод производства отделочных работ. Трудрезервиздат, 1955.

10. С. И. Вавилов. Несколько замечаний о преподавании физики в высшей школе. Журнал «Вестник высшей школы» № 1, 1949.

11. О. К. Гаевский. Технология изготовления авиационных моделей. Оборонгиз, 1953.

12. Д. Д. Галанин, Е. Н. Горячкин, С. Н. Жарков, Д. И. Сахаров, А. В. Павша. Физический эксперимент в школе, т. III, ч. I и т. IV, ч. II. Электричество. Учпедгиз, 1954.

13. Генерирование электрических колебаний специальной формы, т. I и т. II. Издательство Советское радио, 1951.

14. Е. Н. Горячкин. Методика преподавания физики в семилетней школе, т. I. Общие вопросы методики физики. Учпедгиз, 1948; т. II. Методика и техника физического эксперимента. Учпедгиз, 1948; т. III. Основные детали самодельных и упрощённых приборов. Учпедгиз, 1950.

15. Н. Е. Ермилов. Картонажные и футлярные работы. II издание, Гос. изд., 1931.

16. Г. И. Жерехов. Демонстрации принципов действия технических установок. Учпедгиз, 1954.

17. Задания по курсу черчения. Задание № 9. Составление и вычерчивание электротехнических условных обозначений. Изд. ЛЭИС им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. Кафедра начертательной геометрии и черчения. На правах рукописи. Ленинград, 1951.

18. С. Н. Задумкин, И. С. Усов. «Демонстрация силовых линий электрического поля». Журнал «Физика в школе» № 3, 1940.

19. М. Ф. Захаров. Картографические шрифты. Геодезиздат, Москва, 1940.

20. Б. С. Зворыкин. «Волновая машина с качающимся диском», Журнал «Физика в школе» № 6, 1952.

21. М. А. Згут. «Демонстрация свободных колебаний в контуре». Журнал «Среднее специальное образование» № 2, 1956.
22. М. А. Згут. «Вычерчивание кривых на плакатах без помощи лекал». Журнал «Среднее специальное образование» № 8, 1956.
22б. М. А. Згут. «Подвижная волновая диаграмма». Журнал «Среднее специальное образование» № 1, 1957.
22в. М. А. Згут. «Векторная аналогия длинной волны». Журнал «Среднее специальное образование» № 7, 1957.
22г. М. А. Згут. «Пространственные характеристики антенн». Журнал «Среднее специальное образование» № 1, 1958.
23. П. А. Знаменский. Методика преподавания физики в средней школе. Учпедгиз, 1954.
24. М. Е. Знаменский. Организация и оборудование учебных аудиторий кафедры начертательной геометрии и черчения, ч. 1. Министерство культуры СССР. Методическое управление Главного управления высшего образования. Госиздат «Советская наука», Москва, 1953.
25. Б. Т. Иванов. Стереокинотехника. Издательство «Искусство», 1956.
26. М. Х. Карапетянц. «О чертеже в техническом учебнике». Журнал «Вестник высшей школы» № 6, 1953.
27. В. Д. Коровкин. Электрическая кинореклама. Госкиноиздат, 1952.
28. В. А. Красильников. Звуковые волны в воздухе, воде и твёрдых телах. Гостехиздат, 1951.
29. Б. Б. Кудрявцев. Простые опыты с ультразвуками. Пособие для учителя. Учпедгиз, 1954.
29б. А. П. Кузьмин, А. А. Покровский. Опыты по физике с проекционной аппаратурой. Учпедгиз, 1956.
30. И. А. Кулаков. «Демонстрация образования поперечных волн». Журнал «Физика в школе» № 4, 1951.
31. В. К. Лабутин. Наглядные пособия по радиотехнике. Массовая радиобиблиотека, вып. 25. Госэнергоиздат, 1949.
32. А. И. Лаврентьев. «Изготовление учебных таблиц в вузе». Журнал «Вестник высшей школы» № 5, 1953.
33. Лекционные демонстрации по физике. Гостехиздат.
Выпуск 1. А. Б. Млодзеевский. Молекулярная физика и термодинамика, 1948.
Выпуск 2. М. А. Грабовский. Механика жидкостей и газов, 1948.
Выпуск 3. М. А. Грабовский. Магнетизм, 1949.
Выпуск 4. А. Б. Млодзеевский. Оптика, ч. I, 1949.
Выпуск 5. А. Б. Млодзеевский, М. П. Шаскольская. Оптика, ч. II.
Выпуск 6. Р. В. Телеснин. Электричество, 1952.
Выпуск 7. М. А. Грабовский. Колебания и волны, 1952.
Выпуск 8. А. Б. Млодзеевский, Р. В. Телеснин. Общая механика. Гостехиздат, 1954.
34. Люди русской науки, т. I. Гостехиздат, 1948.
35. З. В. Магарачев. «Прибор для контроля частотных характеристик видеоусилителей». Журнал «Измерительная техника» № 3, 1956.
36. К. Е. Мартынова. «Доска учителя физики». Журнал «Физика в средней школе» № 2, 1946.
37. А. Г. Москалёв. Как читать электрические схемы. Госэнергоиздат, 1953.
38. М. С. Нейман. Передающие антенны. Теория и основания для расчёта. Энергоиздат, 1934.
39. Л. Р. Нейман. Руководство к лаборатории электромагнитного поля. ГЭИ, 1950.
40. С. В. Новаковский, Г. П. Самойлов. Техника частотной модуляции в радиовещании. Госэнергоиздат, 1952.
41. «Новый метод наблюдения электрических и магнитных полей. Жур-

нал «Успехи физических наук», т. XLI, вып. 2, 1950. Реферат Малова Н. Н.

42. Б. П. Осмачкин. Прибор к теме «Электромагнитные колебания». Журнал «Физика в школе» № 3, 1953.

43. «Параллелограмм для сложения векторов». Журнал «Физика в школе» № 4, 1951.

44. К. Я. Парменов. Демонстрационный химический эксперимент. Издательство Академии педагогических наук РСФСР, Москва, 1954.

45. А. А. Покровский. «Организация труда преподавателя в физическом кабинете средней школы». Журнал «Физика в школе» № 4, 1949.

46. Р. В. Поль. Введение в механику и акустику, издание II, ГТТИ, 1933. Введение в оптику. Гостехиздат, 1947. Введение в современное учение об электричестве. ГТТИ, 1931.

47. «Получение трёхмерных графиков при помощи катодного осциллографа», т. 34. Журнал «Успехи физических наук», вып. 2, 1948.

48. Постановление третьего пленума научно-методического совета при Министерстве высшего образования 16—17 марта 1950 г. Государственное издательство «Советская наука», Москва, 1950.

49. «Прибор для визуального наблюдения семейства анодных характеристик электронных ламп». Журнал «Вестник информации» № 13, 1950.

50. М. М. Рожков. «Модель газа». Журнал «Физика в школе» № 2, 1949.

51. В. Л. Русскевич. Новые методы вычерчивания наглядных изображений в аксанометрических и центральных проекциях. Машгиз, 1953.

52. Г. А. Рязанов. Лекционные опыты по теории электромагнитного поля. Гостехиздат, 1952.

53. А. П. Сафонов. Шрифты для географических карт. Геодезиздат ГУГК при СНК СССР, 1943.

54. Система чертёжного хозяйства (СЧХ). Междуведомственная нормаль МЭСЭП, 1953.

55. А. М. Смирнов. «Классная доска на занятиях по физике». Журнал «Физика в школе» № 5, 1940.

56. Современный катодный осциллограф. Сборник статей под редакцией И. С. Абрамсон. Издательство иностранной литературы; ч. I, 1950, ч. II, 1951, ч. III, 1954.

57. А. А. Соколов. «Организация лабораторного практикума по быстро развивающейся дисциплине». Журнал «Вестник высшей школы» № 7, 1949.

58. Б. С. Сотсков. Элементы автоматической и телемеханической аппаратуры. Госэнергоиздат, 1950.

59. Д. Стронг. Техника физического эксперимента. Лениздат, 1948.

60. P. C. Sulzer. Индикатор вектора напряжения. Прибор для векторного сравнения напряжений (по величине и по фазе) с катодно-лучевой трубкой в качестве индикатора. Журнал Electronics Vol 22, № 6, 1949 p. 107.

61. Ф. Е. Темников, Р. Р. Харченко. Электрические измерения неэлектрических величин. Госэнергоиздат, 1948.

62. Типографские шрифты, материалы и принадлежности. Союзполиграфпром, 1950.

63. С. Я. Турлыгин. Введение в общую радиотехнику. Госэнергоиздат, 1952.

64. Учебно-наглядные пособия. Экспонаты 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов. Массовая радиобиблиотека, вып. 157. Госэнергоиздат, 1952.

65. Учебно-наглядные пособия. Экспонаты 8-й Всесоюзной заочной выставки радиолюбительского творчества. Массовая радиобиблиотека, вып. 74. Госэнергоиздат, 1950.

66. Учебно-наглядные пособия. Экспонаты 7-й Всесоюзной заочной выставки. Массовая радиобиблиотека, вып. 45. Госэнергоиздат, 1949.

67. М. А. Ушаков. К изучению законов электрического тока в 10-м классе средней школы. Учпедгиз, 1953.

68. С. М. Хлытчиев. «Вопросы проектирования приборов для визуального наблюдения спектров электрических колебаний». Журнал «Радиотехника» № 3, т. 9, 1954.

69. М. А. Шателен. Русские электротехники второй половины XIX века. Госэнергоиздат, 1949.

70. Г. А. Хохлов. Изготовление наглядных пособий по рисованию. Учпедгиз, 1954.

71. Н. Н. Щёголев. «К вопросу о методике изложения темы «Электромагнитные колебания и волны» в 10-м классе средней школы». Журнал «Физика в школе» № 2, 1949.

72. А. М. Балл. Техника экранизации учебного процесса. «Искусство», Москва, 1956.

73. Б. С. Зворыкин. Электромагнитные колебания и волны в курсе физики средней школы. Изд. Академии педагогических наук РСФСР. Москва, 1955.

74. В. И. Зыкова. Очерки психологии усвоения начальных геометрических знаний. Учпедгиз. 1955.

75. И. А. Моторичев, В. Н. Смирнов. Наглядные пособия по радиолокации. Воениздат, Москва, 1957.

76. М. Н. Товбин. Генераторы качающейся частоты. Изд. ДОСААФ, Москва, 1956.

СОДЕРЖАНИЕ

Глава V. Препарирование деталей

Глава VI. Действующие схемы

Глава VII. Проведение демонстраций

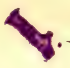
Моисей Абрамович Згут

НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ ПО РАДИОТЕХНИКЕ

Научн. редактор *Б. А. Васильев* Техн. редактор *Н. В. Риттбергер*
Редактор *Е. С. Новикова* Корректор *Е. Д. Польская*

Сдано в набор 4/X 1957 г. Подписано к печати 3/VI 1958 г.
Форм. бум. 60×92/16 16 п. л. (включая 1 вкл.) 15,47 уч.-изд. л.
Тираж 13000 экз. Т-05300 Зак. изд. 6814 Цена 6 руб. 50 коп.
Связьиздат, Москва-центр, Чистопрудный бульвар, 2.

Типография Связьиздата, Москва-центр, ул. Кирова, 40. Зак. тип. 595

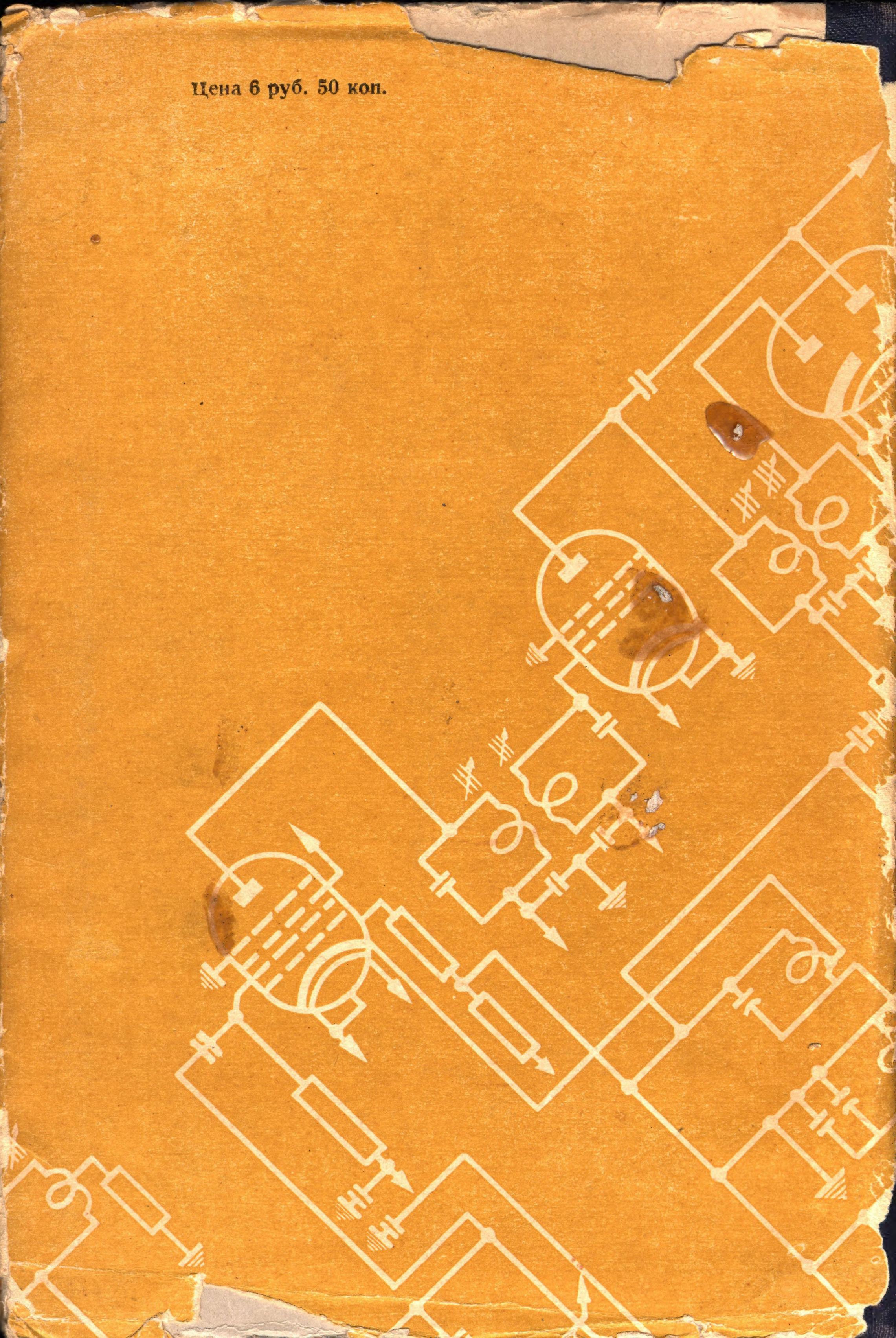


ер
ия

г.
л.
л.

Цена 6 руб. 50 коп.





Цена 6 руб. 50 коп.

